



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction  
de l'Environnement,  
de l'Aménagement  
et du Logement

MARTINIQUE

DEAL Martinique  
Pointe de Jaham  
BP 7212  
97274 Schoelcher cedex



O.D.E. Martinique  
7 Avenue Condorcet  
BP 32  
97201 FORT DE FRANCE

Année 1

PROGRAMME D'ETUDE ET RECHERCHE 2013

CONSOLIDATION DE L'INDICE DE BIO-EVALUATION  
DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES RIVIERES DE L'ILE DE LA MARTINIQUE  
A PARTIR DES DIATOMEES  
(I.D.A. – Indice Diatomique Antillais)

Rapport Etape n°2

2013



IRSTEA - Bordeaux  
50, Avenue de Verdun  
Gazinet  
33 612 CESTAS CEDEX  
France  
Tel : 05 57 89 08 47



ASCONIT CONSULTANTS  
Agence Caraïbes

ZI Champigny  
97224 DUCOS  
Tél. 05.96.63 55 78

anne.eulin@asconit.com



#### Principaux Contacts :

##### DEAL Martinique

Pascal Marras

Tél. : 05.96.71.76.94

##### ODE Martinique

- Loïc Mangeot
- Julie Gresser
- Gaëlle Hielard

Tél. : 05.96.48.47.20

##### ASCONIT CONSULTANTS :

- Anne Eulin-Garrigue
- Estelle Lefrançois
- Charlotte Verges

anne.eulin@asconit.com  
estelle.lefrancois@asconit.com  
charlotte.verges@asconit.com

##### IRSTEA de Bordeaux :

- François Delmas
- Michel Coste
- Julie Gueguen

[francois.delmas@irstea.fr](mailto:francois.delmas@irstea.fr)  
[michel.coste@irstea.fr](mailto:michel.coste@irstea.fr)  
[julie.queguen@irstea.fr](mailto:julie.queguen@irstea.fr)

# Sommaire

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPTION DES INTERVENTIONS .....</b>	<b>7</b>
2.1. LES DESCRIPTEURS .....	7
LES DIATOMÉES .....	7
LES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES .....	8
2.2. LES PROTOCOLES .....	9
PHYSICO-CHIMIE <i>IN SITU</i> .....	9
PHYSICO-CHIMIE DE LABORATOIRE .....	9
PRELEVEMENT DES DIATOMÉES .....	9
OPERATIONS DE LABORATOIRE : PREPARATION DES LAMES .....	10
DETERMINATION ET INVENTAIRE DES DIATOMÉES .....	10
<b>3. PRESENTATION GENERALE DES SITES DU RESEAU DCE.....</b>	<b>11</b>
<b>4. PRESENTATION GENERALE DES RESURGENCES DE L'HER MORNES DU SUD .....</b>	<b>14</b>
<b>5. RESULTATS.....</b>	<b>16</b>
5.1. HYDROLOGIE .....	17
5.1.1. <i>Conditions pluviométriques générales de carême et hivernage 2013.....</i>	<i>17</i>
5.2. ANALYSES DES RESULTATS PHYSICO-CHIMIQUES DES STATIONS DU RESEAU D'ENQUETE.....	18
5.2.1. <i>La physico-chimie de l'eau - paramètres in situ .....</i>	<i>18</i>
5.2.2. <i>La physico-chimie de l'eau - analyses en laboratoire .....</i>	<i>21</i>
5.3. ANALYSES DES RESULTATS PHYSICO-CHIMIQUES DES RESURGENCES DE L'HER MORNES DU SUD.....	31
5.3.1. <i>La physico-chimie de l'eau - paramètres in situ .....</i>	<i>31</i>
5.3.2. <i>La physico-chimie de l'eau - analyses en laboratoire .....</i>	<i>34</i>
<b>6. ANALYSES DE LA MINERALISATION DES STATIONS DU RESEAU D'ENQUETE .....</b>	<b>43</b>
6.1. LES STATIONS DU RESEAU D'ENQUETE.....	44
6.2. LES STATIONS DES RESURGENCES DE L'HER MORNES DU SUD .....	46
<b>7. TAXONS INVENTORIES DANS LES STATIONS D'ENQUETE.....</b>	<b>48</b>
<b>8. TAXONS INVENTORIES DANS LES RESURGENCES DE L'HER MORNES DU SUD .....</b>	<b>48</b>
<b>9. BILAN ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>49</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Résultats des mesures de température sur les stations du réseau d'enquête .....	18
Figure 3 : Résultats des mesures d'oxygène sur les stations du réseau d'enquête .....	19
Figure 5 : Résultats des mesures de pH sur les stations du réseau d'enquête .....	20
Figure 7 : Résultats des mesures de conductivité sur les stations du réseau d'enquête .....	20
Figure 5 : Résultats des mesures de l'azote ammoniacal sur les stations du réseau d'Enquête .....	21
Figure 6 : Résultats des mesures de nitrites sur les stations du réseau d'Enquête .....	22
Figure 7 : Résultats des mesures de Nitrates sur les stations du réseau d'enquête .....	22
Figure 8 : Résultats des mesures en phosphore total sur les stations du réseau d'enquête .....	23
Figure 9 : Résultats des mesures en Orthophosphates sur les stations du réseau d'enquête .....	23
Figure 22 : Résultats des mesures en Carbone Organique Dissous sur les stations du réseau d'enquête .....	24
Figure 11 : Résultats des mesures en DBO5 sur les stations du réseau d'enquête .....	24
Figure 17 : Résultats des mesures en DCO sur les stations du réseau d'enquête .....	25
Figure 18 : Résultats des mesures en Titre Hydrométrique sur les stations du réseau d'enquête .....	25
Figure 19 : Résultats des mesures en Calcium sur les stations du réseau d'enquête .....	26
Figure 20 : Résultats des mesures en Magnésium sur les stations du réseau d'enquête .....	26
Figure 21 : Résultats des mesures en Potassium sur les stations du réseau d'enquête .....	27
Figure 22 : Résultats des mesures en Titre Alcalimétrique Complet sur les stations du réseau d'enquête .....	27
Figure 23 : Résultats des mesures en Bicarbonates sur les stations du réseau d'enquête .....	28
Figure 24 : Résultats des mesures en Sodium sur les stations du réseau d'enquête .....	28
Figure 25 : Résultats des mesures en Chlorure sur les stations du réseau d'enquête .....	29
Figure 26 : Résultats des mesures en Sulfates sur les stations du réseau d'enquête .....	29
Figure 27 : Résultats des mesures en Silicates dissous sur les stations du réseau d'enquête .....	30
Figure 2 : Résultats des mesures de température sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	31
Figure 4 : Résultats des mesures d'oxygène sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	32
Figure 6 : Résultats des mesures de pH sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	33
Figure 8 : Résultats des mesures de conductivité sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	33
Figure 7 : Résultats des mesures de Nitrates sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	35
Figure 8 : Résultats des mesures en phosphore total sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	35
Figure 9 : Résultats des mesures en Orthophosphates sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	36
Figure 22 : Résultats des mesures en Carbone Organique Dissous sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	36
Figure 17 : Résultats des mesures en DCO sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	37
Figure 18 : Résultats des mesures en Titre Hydrométrique sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	38
Figure 19 : Résultats des mesures en Calcium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	39

Figure 20 : Résultats des mesures en Magnésium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	39
Figure 21 : Résultats des mesures en Potassium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud.....	39
Figure 22 : Résultats des mesures en Titre Alcalimétrique Complet sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	40
Figure 23 : Résultats des mesures en Bicarbonates sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud.....	40
Figure 24 : Résultats des mesures en Sodium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	41
Figure 25 : Résultats des mesures en Chlorure sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	41
Figure 26 : Résultats des mesures en Sufate sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud.....	42
Figure 27 : Résultats des mesures en Silicates dissous sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud .....	42
Figure 28 : Interprétation du diagramme de Piper.....	43
Figure 29 : Diagramme de Piper général - Stations d'enquête .....	44
Figure 31 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff – Stations d'enquête.....	45
Figure 29 : Diagramme de Piper général – Résurgences HER Mornes du Sud.....	46
Figure 31 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff – Résurgences HER Mornes du Sud .....	47
Figure 9 : Nouveaux taxons observés pour la Martinique (résurgences HER Mornes du Sud) .....	48

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de référence.....	12
Tableau 2 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de surveillance .....	12
Tableau 3 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de contrôle opérationnel .....	13
Tableau 4 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de contrôle d'enquête.....	13
Tableau 5 : Bilan du repérage et de la prospection des résurgences .....	15
Tableau 5 : Bilan du prélèvement des résurgences .....	16
Tableau 22 : Synthèse de l'avancement du programme de recherche.....	50

# 1. Contexte et objectifs de l'étude

Le projet d'étude de recherche et de développement d'outils d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau martiniquais à partir des diatomées a pour objectif général de développer un outil de bio-indication diatomique utilisable à la Martinique et donnant des résultats fiables et reproductibles dans le cadre d'un suivi pérenne des rivières.

Ce projet s'inscrit dans le respect des objectifs, des recommandations et des principes méthodologiques demandés au titre de la DCE et notamment des circulaires DCE 2005/12 relative à la définition du bon état et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface, DCE 2006/16 relative à la constitution et la mise en œuvre du programme de surveillance pour les eaux douces de surface, DCE 2007/22 relative au protocole de prélèvement et de traitement des invertébrés.

C'est dans ce cadre qu'a été menée le programme d'études et de recherche triennal (convention DEAL / ODE / Asconit – 2009-2012 – avec l'appui de l'Irstea) ayant abouti à l'élaboration de l'Indice Diatomique Antillais ou I.D.A. (Programme partagé entre la Martinique et la Guadeloupe), et à l'élaboration d'une première version d'atlas des diatomées des cours d'eau des Antilles françaises.

Un nouveau programme de recherche a été initié pour l'année 2013. En effet, La première version de l'outil est finalisée, mais n'a pas encore fait l'objet d'un transfert vers l'ensemble des opérateurs. Cette étape doit être menée en 2013, pour permettre l'utilisation en routine de l'indice dès 2014.

En parallèle de son utilisation en routine, l'acquisition de données spécifiques doit être poursuivie pour affiner et fiabiliser l'indice.

Ce programme d'étude sera mené en étroite articulation avec le programme de contrôle de surveillance des eaux douces de surface et d'autres programmes de suivi des eaux douces, dont il pourra bénéficier de données complémentaires.

Comme cité précédemment, cette étude sera conduite avec la double préoccupation de l'application des principes des méthodologies existantes en France continentale métropolitaine et DCE compatibles et de la recherche de la meilleure adaptation possible au contexte tropical insulaire de l'île de la Martinique.

Le développement de cet outil indicial nécessite l'acquisition de connaissances exploitables immédiatement et de données récoltées dans un contexte opérationnel bien défini et organisé. Ces données restent pour certaines à acquérir dans le cadre de cette étude, pour d'autres à intégrer à partir des suivis existants.

Un certain nombre d'étapes préalables à l'obtention d'un outil complet se révèlent alors incontournables.

**Le présent document constitue le rapport d'étape 2 concernant les campagnes de prélèvement de carême et hivernage 2013, les premiers résultats obtenus, ainsi qu'un bilan de l'avancement et des restes à réaliser.**

# 2. Description des interventions

## 2.1. Les descripteurs

---

### Les diatomées

---

#### L'objectif :

Les diatomées benthiques sont des algues microscopiques, unicellulaires appartenant aux Chromophytes (algues brunes). Ces algues sont considérées comme un des bio-indicateurs des eaux courantes les plus pertinents, grâce notamment à leur sensibilité aux conditions du milieu et à la rapidité de leur cycle de développement (de quelques heures à quelques jours). A la base de l'édifice trophique, en tant que producteur primaire, toute altération de leur composition entraîne des répercussions plus ou moins immédiates sur l'ensemble des biocénoses. Peu soumises aux perturbations de l'habitat, elles sont adaptées à tous les milieux et sensibles à de nombreuses formes de pollution.

Elles peuvent être récoltées facilement dans une large gamme de milieux, contrairement aux invertébrés. Les diatomées sont utilisées en routine comme indicateur de la qualité des cours d'eau dans le cadre des réseaux de mesure nationaux depuis les années 1970. Les communautés de diatomées benthiques permettent l'évaluation de la pollution, en fonction de leur sensibilité ou leur tolérance à la pollution, notamment organique, azotée et phosphorée. Elles sont connues pour réagir aux altérations de la qualité des eaux par des modifications qualitatives et quantitatives des peuplements, telles que : la régression du nombre de taxons et la baisse de la diversité spécifique (pollutions toxiques), le remplacement des formes les plus sensibles par des espèces plus résistantes ou indifférentes, la prolifération d'espèces présentant des affinités pour un type d'altération (formes saprophytes ou hétérotrophes pour les pollutions organiques, halophiles pour les contaminations salines), la diminution de la taille des espèces et présence de formes anormales (formes tétragènes).

#### Les éléments à produire :

- L'amélioration des connaissances sur les communautés de diatomées benthiques des rivières tropicales insulaires de la Martinique : description taxinomique des diatomées dominantes des milieux lotiques prospectés, en vue d'une connaissance de la biodiversité de ces milieux ; description et éléments de distribution spatiale de nouvelles espèces de diatomées.
- La fiabilisation des classes de qualités et les profils écologiques des espèces de diatomées dominantes.
- La réalisation du suivi de surveillance et des contrôles opérationnel et d'enquête pour l'élément biologique diatomées.

## Les mesures physico-chimiques

---

### L'objectif :

Des mesures physico-chimiques *in situ* de température, de pH, d'oxygène dissous (concentration, saturation) et de conductivité sont effectuées par Asconit Consultants. Elles sont complétées par une série de prélèvements et d'analyses en laboratoire sur eau brute.

L'estimation des paramètres physico-chimiques vise d'une part à évaluer l'état chimique des sites et d'autre part à compléter leur caractérisation biologique par les éléments physico-chimiques soutenant la biologie.

### Les éléments à produire :

Les mesures permettront d'établir les *preferenda* écologique des diatomées. L'expression de ces résultats se fera sous forme de tableaux, de graphiques et d'analyses statistiques.



## 2.2. Les protocoles

### Physico-chimie *in situ*

Les mesures ont été réalisées conformément au guide technique pour « Le prélèvement d'échantillons en rivière – Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques »<sup>1</sup>.

### Physico-chimie de laboratoire

Les prélèvements des stations du réseau d'enquête et des résurgences de l'HER des Mornes du Sud ont été réalisés par ASCONIT Consultants, conformément au guide technique pour « Le prélèvement d'échantillons en rivière – Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques ».

L'échantillonnage des stations de surveillance et de référence a été effectué par les agents de l'Office de l'Eau.

Les analyses sont réalisées par le LDA 972 pour tous les éléments de physico-chimie générale et par le LDA 26 pour toutes les autres « substances » (pesticides, métaux, HAP, PCB, micropolluants organiques).

### Prélèvement des diatomées

Les prélèvements sont effectués conformément à la norme NF T 90-354 de décembre 2007 et la norme NF EN 13946. Toutefois, pour la mise en œuvre de l'IBD la norme NF T 90-354 de décembre 2007 prévaut sur les normes Européennes : « *Toutefois ces normes autorisant plusieurs options, seule la technique ci-après convient pour le calcul de l'IBD* » est mentionné en page 4 de la nouvelle Norme.

Certaines recommandations sont rappelées ci-dessous. Compte-tenu des caractéristiques particulières liées à l'environnement tropical insulaire et au peuplement diatomique des Antilles Françaises, des adaptations se sont avérées nécessaires. Elles sont précisées en « remarque ».

- Le prélèvement en faciès lotique est préconisé en priorité, même si ce n'est pas le faciès dominant du site. Les récoltes ainsi réalisées minimisent l'effet de dérive-dépôt des diatomées sur les substrats. Les milieux lenticques ne sont prospectés que par défaut et l'on privilégiera les supports verticaux dans ce cas de figure.
- Un seul échantillon est réalisé par station quel que soit le nombre de supports prospectés. L'échantillonnage ne doit être effectué que sur un seul type de support pour toute la station.
- La nature des supports à échantillonner est hiérarchisée comme suit :
  - ❖ Support dur naturel le plus stable possible (blocs en priorité, puis galets, et enfin cailloux),
  - ❖ Support dur artificiel (piles de pont, quais,...),
  - ❖ Support végétal, si les deux précédents font défaut (expression de végétaux ou raclage des feuilles et des tiges).

**Remarque : Compte tenu du caractère torrentiel des cours d'eau des Antilles Françaises (transport solide important) une attention particulière doit être portée au choix des supports afin de s'assurer qu'ils aient une stabilité maximale même lors de forts évènements hydrauliques et qu'ils aient été immergés toute l'année. De même, les variations très rapides et importantes des débits des cours d'eau font que la largeur du lit des cours d'eau est, elle aussi, très variable. Il convient donc de choisir des substrats dont l'immersion est assurément permanente.**

- Aucun prélèvement sur support meuble (sable, vases,...), ni sur bois n'a été réalisé.

<sup>1</sup> **Agence de l'Eau Loire Bretagne & Gay Environnement (2006)** : Le prélèvement d'échantillons en rivière – Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques.

- La surface à échantillonner afin d'obtenir une flore diatomique représentative est d'environ 100 cm<sup>2</sup> minimum, quel que soit le nombre et la nature des supports prospectés et la technique d'échantillonnage utilisée. Dans certains cas, cette surface pourra être étendue à 1000 cm<sup>2</sup> (cours d'eau très pauvre en algues). Généralement, l'échantillonnage est réalisé sur 5 substrats différents (20 cm<sup>2</sup> par substrat).

**Remarque : L'abondance, globalement faible, des diatomées aux Antilles françaises est relativement variable d'une saison à l'autre et encore plus d'un cours d'eau à un autre. La surface échantillonnée a donc été adaptée à l'abondance estimée de matériel. Il est recommandé de prélever 10 substrats minimum (parfois 20 ou plus) pour une surface minimale de l'ordre de 1000cm<sup>2</sup>.**

- L'échantillon ainsi récolté sur le terrain est conditionné immédiatement par fixation au formol neutralisé (10 %). Quelquefois, la quantité de formol peut être augmentée en fonction de la quantité de matière organique récoltée afin de s'assurer de sa bonne conservation.

## Opérations de laboratoire : préparation des lames

Toutes les opérations pour le traitement des diatomées sont réalisées en Martinique.

La préparation et le montage des lames de diatomées ont été réalisés conformément à la norme NF T 90-354 de décembre 2007.

L'identification des diatomées étant basée sur l'examen microscopique du frustule siliceux, les échantillons sont traités afin d'éliminer le protoplasme et en général toute la matière organique pouvant contaminer la préparation.

La qualité des lames issues des premiers échantillons n'ayant pas été satisfaisante, des aménagements du protocole décrit dans la norme ont été mis au point progressivement pour améliorer la qualité des lames.

Une partie aliquote de l'échantillon est prélevée pour être traitée en vue de la confection d'une lame. L'aliquote est débarrassée du formol utilisé pour la fixation par des cycles de lavages/décantation à l'eau déminéralisée dans des béchers. Les béchers sont couverts pour éviter toutes contaminations entre échantillons. L'échantillon subit déjà un long traitement au peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% volume) à froid pendant 2 à 3 jours dans le but de commencer l'attaque de la matière organique. La préparation est ensuite mise à chauffer avec du peroxyde d'hydrogène durant une journée. La température de la solution doit être d'environ 90°C pour obtenir un traitement optimal durant une dizaine d'heures. Après refroidissement de l'échantillon, de l'acide chlorhydrique est ajouté pour éliminer les carbonates de calcium.

Deux cycles complets de traitement à l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à chaud + Acide chlorhydrique sont systématiquement réalisés avant les rinçages successifs.

Quatre cycles de rinçage/décantation sont ensuite effectués pour éliminer tous les résidus des produits chimiques utilisés.

Après homogénéisation de l'échantillon traité restant, une goutte est déposée à l'aide d'un Pipetman Gilson sur une lamelle préalablement dégraissée (dans de l'eau savonneuse) ensuite celle-ci est laissée au repos jusqu'à l'évaporation totale du liquide. Le séchage se déroule à température ambiante. Le montage de la lamelle sur la lame se fait dans un milieu à indice de réfraction élevé (Naphrax, Brunel Microscopes Ltd). La plupart des détails structuraux des diatomées sont à la limite de la résolution de la lumière ce qui explique l'utilisation de ce milieu de montage. Une vérification de la concentration en diatomée en conditions réelles de comptage (objectif X100 à immersion) est réalisée, pour aboutir après réglage (dilution ou concentration de l'échantillon traité) à une densité correcte de 10 à 20 unités diatomiques par champs. La lame est alors prête pour la détermination et l'inventaire.

## Détermination et inventaire des diatomées

Chaque préparation a été examinée au microscope avec un grossissement x1000 (objectif X100 à immersion). Les observations peuvent être réalisées en contraste de phase, en contraste interférentielle et en fond clair. Après un balayage exhaustif de la lame afin d'identifier le plus d'espèces possibles, un comptage par champs (balayage par transect) est effectué sur au moins 400 valves afin de dresser un inventaire taxonomique.

Une attention particulière est apportée pour ne pas compter plus d'une fois une unité diatomique. La prise en compte des valves cassées se fait uniquement si au moins un pôle et la partie centrale sont présents, ce qui évite de compter deux fois la même unité. La même règle est utilisée si l'unité dépasse du champ d'observation. Les taxons observés sont régulièrement photographiés pour éviter toute dérive d'identification pour les taxons déjà connus, pour distinguer certains morphotypes dont l'identification est parfois plus aisée en comparant les photographies ou encore pour une recherche ultérieure pour ceux encore non connus.

# 3. Présentation générale des sites du réseau DCE

Les sites des réseaux de surveillance, de référence, de contrôle opérationnel et de contrôle d'enquête ont été intégrés en totalité à cette étude.

Afin de faciliter l'ajout des données dans la base qui a servi à la bancarisation et le traitement statistique pour la création de l'Indice Diatomique Antillais (I.D.A.), les codes attribués par Asconit aux sites DCE ont été conservés et de nouveaux codes ont été créés pour les 9 stations d'enquête supplémentaires.

Les codes ont été créés comme suit :

Nom du cours d'eau (2 lettres)	Station/prélèvement (1 lettre)	m = Martinique	Campagne (1 chiffre)
BL	A	m	1

BL = Rivière Blanche

A = Alma

m = Martinique

0 = Campagne 0 (Carême 2009)

1 = Campagne 1 (Hivernage 2009)

2 = campagne 2 (Carême 2010)

3 = campagne 3 (hivernage 2010)

4 = campagne 4 (carême 2011)

5 = campagne 5 (hivernage 2011 en Guadeloupe)

6 = campagne 6 (carême 2012)

7 = campagne 7 (Carême 2013)

8 = campagne 8 (hivernage 2013)

L'identification de la provenance de l'échantillon (« m » pour Martinique et « g » pour Guadeloupe) a permis une analyse globale sur les données récoltées sur l'ensemble des deux îles à la fin des deux programmes d'étude 2009-2012, et a été conservée pour l'ajout des suivis des réseaux DCE 2012 et 2013 à la base de données.

**Tableau 1 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de référence**

Cours d'eau	Commune	Station/Localisation	Code station	Code ASCONIT	Système de coordonnées	Coordonnées		Réseau	Altitude (m)
						Y (latitude)	X (longitude)		
Grande Rivière	Grand Rivière	Trou Diabliesse	08101101	GRD	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1644060	696314	REF	45
Lorrain	Le Lorrain	Trace des Jésuites	08201101	LOR	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1631107	706062	REF	300
Duclos	Fort de France	Tunnel Didier	08301101	CAN	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1621486	705139	REF	200
Carbet	Fond St Denis	Source Pierrot	08320101	CAR	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1629619	701652	REF	270
Anse Céron	Le Prêcheur	Habitation Céron	08014101	CER	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1640432	691809	REF	30
Lézarde	Gros Morne	Palourde Lézarde	08501101	PAL	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1627908	709955	REF/RCS	250
Galion	Gros Morne	Gommier	08221101	GAL	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1629504	711280	REF	310
Vauclin	Vauclin	La Broue	08703101	VAU	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1608734	730829	REF	19
Pilote	Rivière Pilote	Beauregard	08811101	PIL	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1606022	729098	REF	40

**Tableau 2 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de surveillance**

Cours d'eau	Commune	Station/Localisation	Code station	Code ASCONIT	Système de coordonnées	Coordonnées		Réseau	Altitude (m)
						Y (latitude)	X (longitude)		
Case Navire	Schoelcher	Bourg Schoelcher	08302101	CBN	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1617550	704684	RCS	8
Madame	Fort de France	Pont de Chaîne	08423101	MAC	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1617079	707832	RCS	18
Galion	Trinité	Grand Galion	08225101	GAG	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1628015	719613	RCS	8
Capot	Lorrain	AEP Vivé Capot	08115101	CAV	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1640605	704821	RCS	50
Lézarde	Lamentin	Pont RN1	08521102	LEP	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1617085	716980	RCS	12
Lézarde	Lamentin	Gué de la Désirade	08521101	LEG	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1622384	715810	RCS	35
Petite Lézarde	Lamentin	Pont Belle Île	08504101	PLB	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1623401	716067	RCS	54
Roxelane	St Pierre	Ancien Pont	08329101	ROS	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1631359	696189	RCS	7
Carbet	Carbet	Fond Baise	08322101	CAF	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1627631	697235	RCS	46
Coulisses	Rivière Salée	Petit Bourg	08803101	COP	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1609275	719567	RCS	9
Oman	Ste Luce	Dormante	08824101	OMD	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1602722	719762	RCS	9
Ste Marie - Bezaudin	Ste Marie	Pont RD24 - Ste Marie	08213101	BER	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1634170	714635	RCS	14
Grande Rivière	Grande Rivière	Stade	08102101	GRS	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1644420	696250	RCS	30
Lorrain	Lorrain	Amont Pirogue	08203101	LOP	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1634935	709348	RCS	120

**Tableau 3 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de contrôle opérationnel**

Cours d'eau	Commune	Station/Localisation	Code station	Code ASCONIT	Système de coordonnées	Coordonnées		Réseau	Altitude (m)
						Y (latitude)	X (longitude)		
Deux Courants	François	Pont N6	08616105	DCSbis	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1616512,08	725593,27	RCO	8
Monsieur	Fort de France	Pont Mongérald	08412102	MOM	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1616830	710294	RCO	12
Petite Rivière	Lamentin	Brasserie Lorraine	08533101	PRB	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1617816	718198	RCO	15
Pilote	Rivière Pilote	Amont bourg	08813102	PIA	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1602877,77	726507,37	RCO	19
Lorrain	Lorrain	Seguineau - amont pont RN1	08205101	LOS	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1639761	710369	RCO	10

**Nb.** La station Deux Courants au Pont Séraphin a été remontée au niveau du Pont de la N6 et codée DCSbis (la station au Pont Séraphin reste codée DCS dans la base de données).

**Tableau 4 : Coordonnées géodésiques des stations du réseau de contrôle d'enquête**

Cours d'eau	Commune	Station/Localisation	Code station	Code ASCONIT	Système de coordonnées	Coordonnées		Réseau	Altitude (m)
						Y (latitude)	X (longitude)		
Petite Pilote	Rivière Pilote	Pont Madeleine	08812101	PIM	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1603627,64	725804,21	Enquête	25
Galion	Trinité	amont rejet Siapoc	08225103	GAB	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1630161,87	716641,02	Enquête	71
Bezaudin	Sainte Marie	Pont à Morne Ma Croix	08211103	BEM	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1633232,54	712370,21	Enquête	112
Monsieur	Fort de France	Pont Fond Latreille	08411103	MOL	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1621028,58	709803,03	Enquête	133
Monsieur	Fort de France	Patronnage de l'Espérance	08412106	MOE	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1617975,15	710644,00	Enquête	35
Desroses	François	Habitation Trianon	08613102	DET	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1616724,58	724528,85	Enquête	10
Case Navire	Schoelcher	Habitation Fond Rousseau	08302102	CNH	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1618067,70	705275,02	Enquête	40
Roxelane	Saint Pierre	amont rejet Depaz	08329102	ROZ	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1631918,17	697556,52	Enquête	78
Lézarde	Lamentin	amont Gué de la Désirade	08521104	LEJ	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1622757,12	715776,19	Enquête	50
Rivière de Coulisses	Saint Esprit	parcours sportif	08801103	COS	WGS84 (UMT Nord fuseau 20)	1610490,41	722098,72	Enquête	26



# 4. Présentation générale des résurgences de l'HER Mornes du Sud

Suite à la réunion du 12 mars 2013 avec la DEAL et l'Office de l'Eau Martinique et avec la participation du BRGM, une première liste de 12 résurgences non (ou très peu anthropisées) a été établie.

La carte ci-dessous montre la répartition de ces résurgences dans l'HER Mornes du Sud.



Une journée de repérage et de prospection a été réalisée par Asconit et l'Irstea le vendredi 29 mars 2013. Le tableau ci-après présente un bilan de cette journée et des problèmes rencontrés suite à des incohérences entre les zooms cartographiques fournis et les coordonnées géodésiques de ces résurgences.

**Tableau 5 : Bilan du repérage et de la prospection des résurgences**

Sources	Repérage vendredi 29-03-2013	pb carto	
		zoom carto	coordonnées
Dugane	Accès inconnu	FAUX	OK
Morne Escarpe-Baudelle	OK	OK	FAUX
Goujon	pas trouvée	?	?
Les Dames	OK	FAUX	OK
Morne Valentin-Dumaine	pas recherchée	?	?
Dos d'Ane	OK	FAUX	OK
Derrière Fort	pas trouvée	?	?
La Vermeille	à sec	FAUX	OK
Lador	à sec ? Ou pas trouvée	?	?
Rilos	OK	OK	FAUX
Fond Bambou	OK	OK	FAUX
La Sucrierie	Pas d'accès - Propriété privée	?	?

Nb. La source Dugane est notée en accès inconnu par le BRGM  
et celle de La Sucrierie est dans 1 propriété privée

En fonction des observations de cette journée de repérage, 6 résurgences ont été sélectionnées :

- Morne Escarpé-Baudelle
- Les Dames
- Dos d'Ane
- Rilos
- Fond Bambou
- La Vermeille

# 5. Résultats

La campagne de prélèvement du réseau DCE 2013 a eu lieu du 18 au 22 mars 2013 ; les prélèvements de diatomées ont été effectués par Sylvain Coulon (SCO) et Marta Ramos (MRA). Les prélèvements d'eau pour la physico-chimie des 10 stations d'enquêtes a été réalisée les 19 et 20 mars 2013 par Heliott Touron-Poncet (HTP).

La campagne de prélèvement des résurgences a eu lieu les 2 et 3 avril 2013 pour le carême et les 22 et 23 octobre 2013 pour l'hivernage ; les prélèvements de diatomées ont été effectués par Anne Eulin-Garrigue (AEG) et Julie Guéguen (Irstea de Bordeaux). Les prélèvements d'eau pour la physico-chimie de ces sources a été réalisée le même jour que les prélèvements de diatomées.

N.B. La source Rilos était tarie en carême et hivernage ; la source Dos d'Ane ne permettait pas 1 prélèvement en hivernage (suintements).

**Tableau 6 : Bilan du prélèvement des résurgences**

Sources	Carême 2013	Hivernage 2013
Morne Escarpe-Baudelle	oui	oui
Les Dames	oui	oui (écoulement très faible)
Dos d'Ane	oui	non (suintements)
La Vermeille	non (pas découlement)	oui
Rilos	non (pas découlement)	non (pas découlement)
Fond Bambou	oui	oui



# 5.1. Hydrologie

---

Pour la réalisation de l'atlas des diatomées de Martinique et la mise au point d'un indice diatomique, il est nécessaire d'intégrer la variabilité saisonnière des communautés de diatomées benthiques (variabilité des conditions hydrologiques des cours d'eau).

## 5.1.1. Conditions pluviométriques générales de carême et hivernage 2013

Extraits des bulletins météorologiques de Météo-France.

Février 2013 :

« Globalement, ce mois de février accuse un déficit pluviométrique de -20 à -36% par rapport à l'accoutumée, notamment sur le nord-atlantique et la plaine du Lamentin. Il est beaucoup plus prononcé sur le Nord-Caraïbe, vers St Pierre, le Carbet (-46%) et Morne des Cadets ainsi qu'à la presqu'île de la Caravelle. »

Mars 2013 :

« L'absence de pluie durant les 17 premiers jours du mois (hormis une ou 2 averses sur les mornes) laissait planer l'ombre d'une sécheresse grandissante. La deuxième partie du mois soulage cette appréhension en apportant de faibles arrosages quotidiens sous forme d'averse. Finalement, le déficit pluviométrique se limite autour des 30% de la quantité habituelle d'un mois de mars. Mais certaines régions comme le nord-caraïbe souffrent d'un déficit plus important (70%) ou de 50% vers Ste- Anne. »

La campagne de prélèvements du carême 2013 s'est donc déroulée dans de bonnes conditions hydrologiques, voire de très basses eaux pour certains cours d'eau, et de débit faible à très faible pour les résurgences de l'HER Mornes du Sud.

Septembre 2013 :

« Alors que les jours de pluie sont normalement fréquents, les quantités d'eau souffrent d'un déficit assez important, de l'ordre de -20 à -30 % sur la majeure partie du territoire (notamment de Ste Marie au François ou le Lamentin) et parfois jusqu'à -40% dans le Nord-Caraïbe ou vers le Vauclin. Seuls, les massifs montagneux et l'extrême nord-atlantique bénéficient d'une pluviométrie relativement normale. »

Octobre 2013 :

« Si la fréquence des jours de pluie est partout plus élevée que d'ordinaire (26 à 29 jours sur les mornes, 20 à 25 sur le littoral), les quantités d'eau recueillies varient selon les endroits. La partie montagneuse de l'île recueille 35% de plus que d'ordinaire et le nord-atlantique (de Trinité à Basse-Pointe) a un excédent de 20% environ. Ailleurs la pluviométrie est quasiment normale, mis à part un léger déficit autour de la baie de Fort-de-France et vers le Diamant, Ste Luce (-10 à -20%). »

La campagne de prélèvements en hivernage 2013 s'est donc déroulée dans des conditions de faible à très faible débit pour les résurgences de l'HER Mornes du Sud, à l'exception de la source La Vermeille située au nord de l'HER, juste au dessus du Robert.

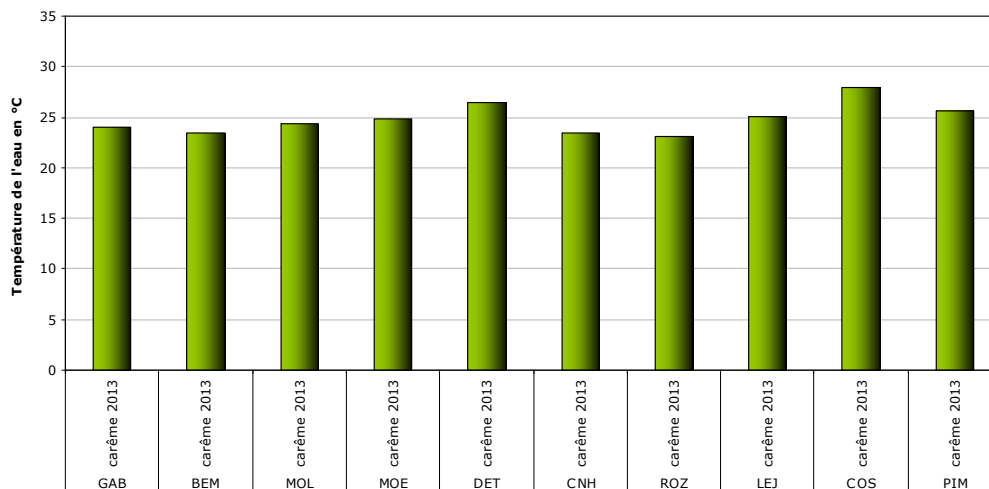
## 5.2. Analyses des résultats physico-chimiques des stations du réseau d'enquête

### 5.2.1. La physico-chimie de l'eau – paramètres in situ

#### ❖ Température

La température de l'eau est l'un des facteurs importants régissant les différents cycles chimiques dans l'eau. Elle évolue rapidement au cours des saisons et de la journée. L'exposition, la durée de l'ensoleillement, la vitesse du courant et l'agitation, l'origine des eaux et leur utilisation sont autant de facteurs responsables de ces variations. La température joue un rôle dans la distribution spatio-temporelle des espèces peuplant un cours d'eau.

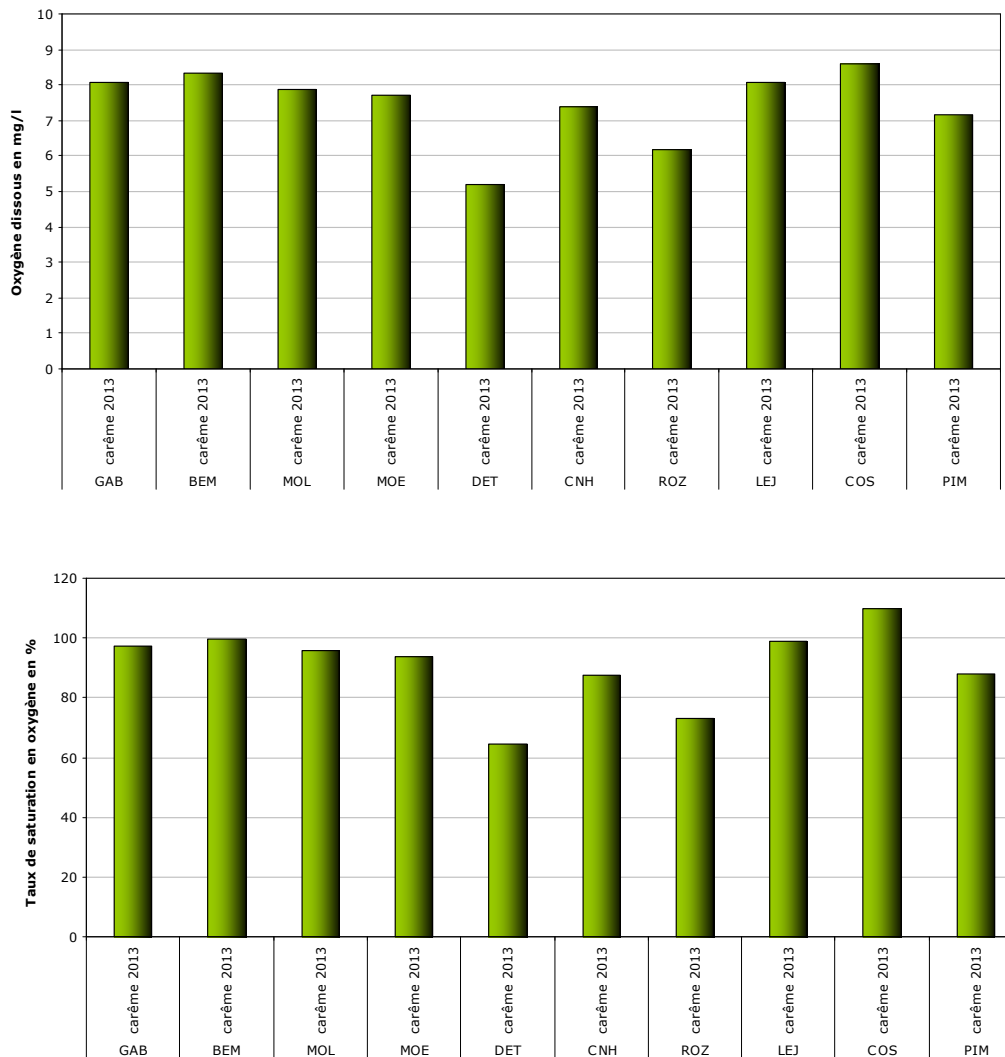
Figure 1 : Résultats des mesures de température sur les stations du réseau d'enquête



Les valeurs sont caractéristiques des eaux tropicales, comprises entre 23,1 °C (Roxelane-amont rejet Depaz) et 28°C (Coulisses-Parcours sportif de St Esprit). Aucune anomalie n'a été détectée pour ce paramètre.

#### ❖ Oxygène dissous et pourcentage de saturation

L'oxygène est quantitativement le principal constituant de la matière vivante. La source principale d'oxygène est la réaction de photosynthèse végétale. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène dépend surtout de la température, de la pression atmosphérique et de la salinité. Les eaux superficielles ont généralement des concentrations proches de la saturation. Leur évolution dépend de la température, de l'agitation des eaux, de leur renouvellement, de l'activité biologique (production par photosynthèse, consommation par respiration). Les rejets organiques ou l'apport d'éléments fertilisants peuvent modifier ces teneurs (autoépuration, eutrophisation).

**Figure 2 : Résultats des mesures d'oxygène sur les stations du réseau d'enquête**

Certains pourcentages de saturation mesurés montrent des anomalies sur plusieurs sites où l'oxygène **peut constituer un facteur limitant à l'installation de la vie aquatique.**

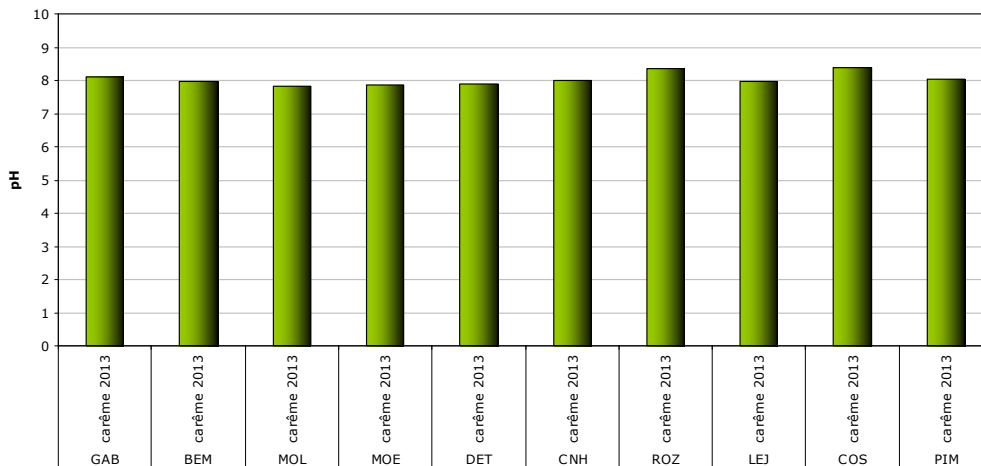
Des processus de désoxygénation ont été détectés sur les stations Roxelane-amont rejet Depaz (ROZ), et surtout Desroses-Habitation Trianon (DET).

Une station du réseau d'enquête présente des phénomènes de sursaturation, souvent caractéristique d'une eutrophisation du milieu : Coulisses-Parcours sportif de St Esprit (COS).

## ❖ pH

Le pH, ou potentiel hydrogène, reflète la concentration d'un liquide en ions  $H^+$ . Ce paramètre est utilisé pour évaluer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Pour que l'eau devienne un milieu de vie, le pH doit être compris entre 5 et 9 mais la plupart des poissons vivent entre 6 et 8,5. Le pH dépend généralement de la nature géologique et pédologique des terrains traversés. Il peut également être influencé par les activités de la végétation aquatique ou fluctuer en fonction des activités anthropiques.

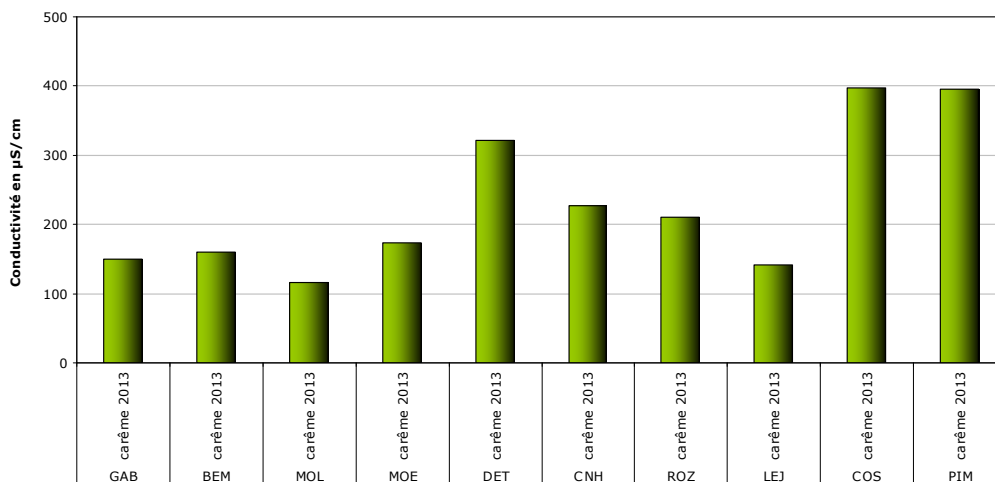
Le pH intervient dans les équilibres chimiques et dans la biodisponibilité de certains éléments ; par exemple, avec l'élévation du pH, les ions ammonium non toxiques se transforment en ions ammoniacque toxiques ou inversement.

**Figure 3 : Résultats des mesures de pH sur les stations du réseau d'enquête**

Les stations prospectées présentent un pH à tendance alcaline compris entre 7,8 et 8,4, soit des valeurs normales pour la vie aquatique.

#### ❖ Conductivité

La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Elle augmente généralement de l'amont vers l'aval, l'eau se chargeant progressivement en sels divers provenant des terrains traversés par les cours d'eau. Dans la majorité des eaux piscicoles métropolitaines non anthropisées, la conductivité varie entre 150 et 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Selon Arrignon (1991), la classe de valeurs normales pour un cours d'eau cyprino-ésocicole est de [20-500]  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Des valeurs naturelles plus élevées sont possibles dans des cours d'eau fortement carbonatés métropolitains (jusqu'à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et dans les zones sous influences marines où à géochimie particulière. Les eaux continentales martiniquaises sont naturellement peu minéralisées ; les conductivités supérieures à 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  reflètent donc une altération anthropique (excepté géochimie particulière et influence marine).

**Figure 4 : Résultats des mesures de conductivité sur les stations du réseau d'enquête**

Les valeurs mesurées sur certains sites sont inférieures ou proches de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et correspondent donc à des eaux peu minéralisées. Les deux cours d'eau présentant les plus faibles valeurs sont les rivières Lézarde en amont du Gué de la Désirade (141  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et Monsieur à Fond Latreille (116  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

On note un enrichissement du milieu (conductivité d'environ 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pour 2 stations : Coulisses-Parcours sportif de St Esprit et Petite Pilote-Pont Madeleine, et dans une moindre mesure pour Desroses-Habitation Trianon (322  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

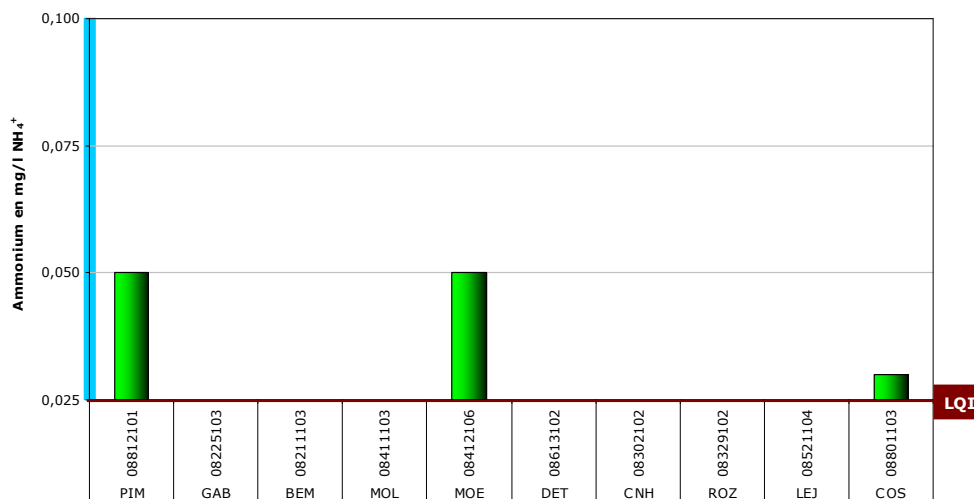
## 5.2.2. La physico-chimie de l'eau – analyses en laboratoire

A titre indicatif, nous avons reporté l'échelle de qualité du SEQ-Eau V2 en ordonnées.

### ❖ L'azote ammoniacal

Il est souvent présent sous forme de traces dans les eaux courantes. Une concentration importante est indicatrice de pollutions anthropiques. La vie aquatique peut être perturbée pour des concentrations d'environ 2 mg  $\text{NH}_4^+$ /l pour un pH de 7,4 à 8,5.

Figure 5 : Résultats des mesures de l'azote ammoniacal sur les stations du réseau d'Enquête



L'azote ammoniacal n'existe que dans les eaux riches en matières organiques en décomposition, lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation ou que la charge azotée entrante dans l'écosystème est trop importante par rapport à sa capacité d'autoépuration (minéralisation de la matière organique). Sa présence récurrente dans les eaux naturelles est effectivement corrélée à la présence de rejets en amont. Les teneurs mesurées sur la Petite Pilote à Pont Madeleine (PIM), la Rivière Monsieur à Patronnage de l'Espérance (MOE), la Rivière des Coulisses au parcours sportif de Saint Esprit (COS) restent dans la gamme des bonnes qualités d'eau ce qui indique des contaminations relativement modérées.

### ❖ Azote Kjeldahl

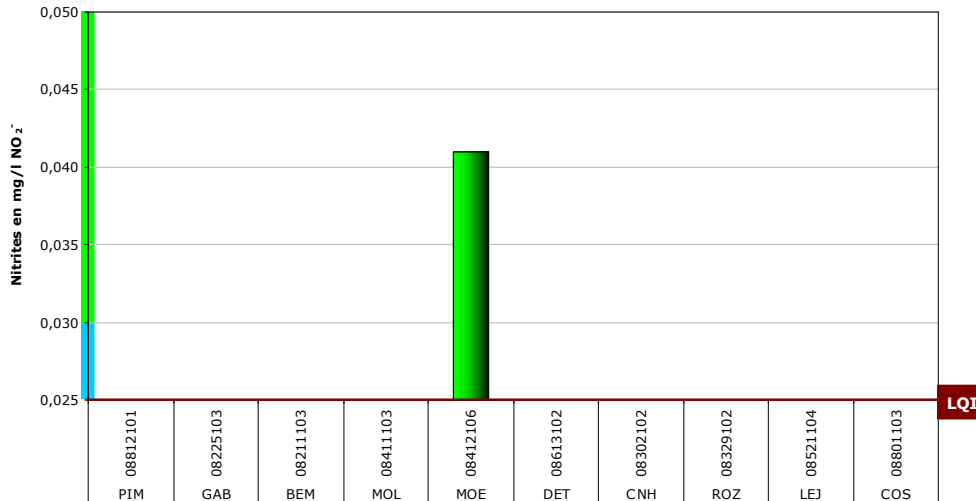
L'azote kjeldahl est un descripteur illustratif des formes de l'azote qui vont encore nécessiter une demande en oxygène pour être totalement nitrifiées. La quantité d'Azote Kjeldahl représente la somme des teneurs en azote organique et ammoniacal présentes dans d'une eau.

Les teneurs en azote Kjeldahl du réseau d'enquête sont toutes inférieures à la LQI.

❖ **Nitrites**

Les nitrites sont des composés transitoires et rarement présents dans les eaux naturelles. Des concentrations supérieures à 0,3 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/l sont indicatrices d’une pollution d’origine organique et peuvent générer une toxicité pour les organismes vivants. Dans les eaux exemptes de pollution ou dans les zones où l’autoépuration est active, leurs teneurs se maintiennent en dessous de 0,01mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/l (Nisbet et Verneaux).

**Figure 6 : Résultats des mesures de nitrites sur les stations du réseau d’Enquête**

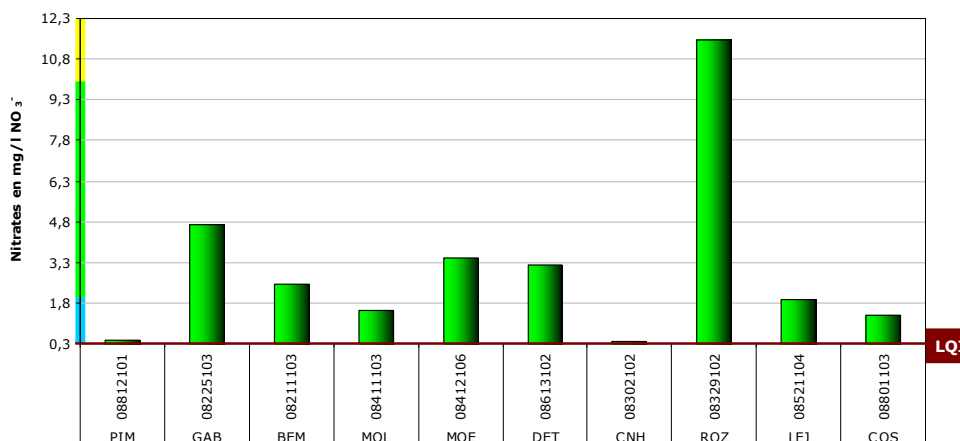


Un seul des sites du réseau d’enquête précédemment cités pour leur teneur anormalement élevée en azote ammoniacal présente des teneurs en nitrites notables et confirme l’existence de contaminations organiques en cours de minéralisation, ainsi qu’un cycle de l’azote perturbé (charge azotée trop importante par rapport aux capacités autoépuration des hydrosystèmes) : il s’agit de la Rivière Monsieur à Patronnage de l’Espérance (MOE). Ceci indique un processus de nitrification actif dans le cours d’eau.

❖ **Nitrates**

Dans les eaux courantes, le renouvellement actif de l’oxygène permet une nitrification rapide pour former les ions nitrates. Les concentrations naturelles varient de 1 à 15 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l avec une valeur optimale de 2 à 3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. L’augmentation de la distance aux sources provoque généralement une élévation des teneurs en nitrates, par le phénomène naturel de décomposition de la matière organique. Des teneurs fortes peuvent provenir d’une pollution agricole ou domestique. Les nitrates sont l’un des facteurs de l’eutrophisation des eaux naturelles et sont susceptibles d’être toxiques (eau potable) pour les jeunes enfants (méthémoglobinémie).

**Figure 7 : Résultats des mesures de Nitrates sur les stations du réseau d’enquête**

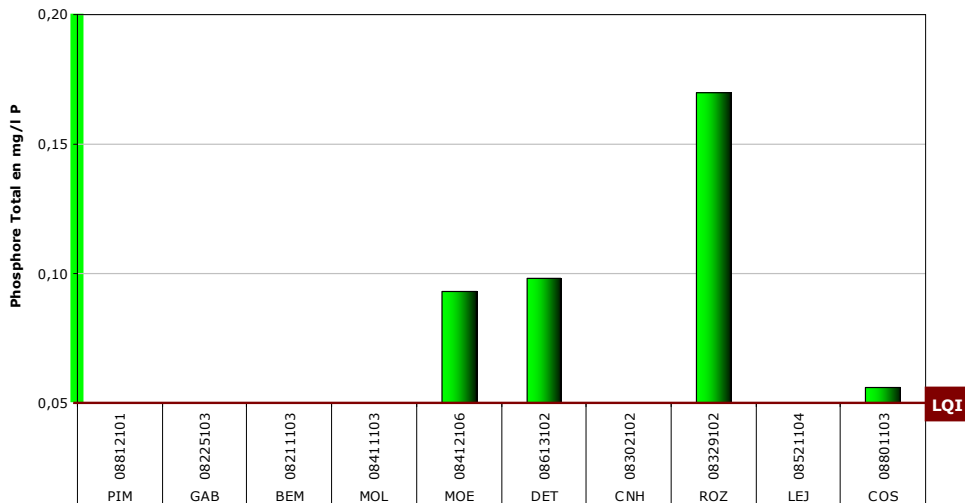


Les concentrations en nitrates fluctuent en fonction des stations pour le réseau d’enquête mais restent inférieures à 5 mg/l (bonne qualité au regard du SEQ-EAU V2), à l’exception de la Roxelane en amont du rejet de la distillerie Depaz (ROZ) avec une teneur en nitrate de 11,5 mg/l.

### ❖ Matières phosphorées

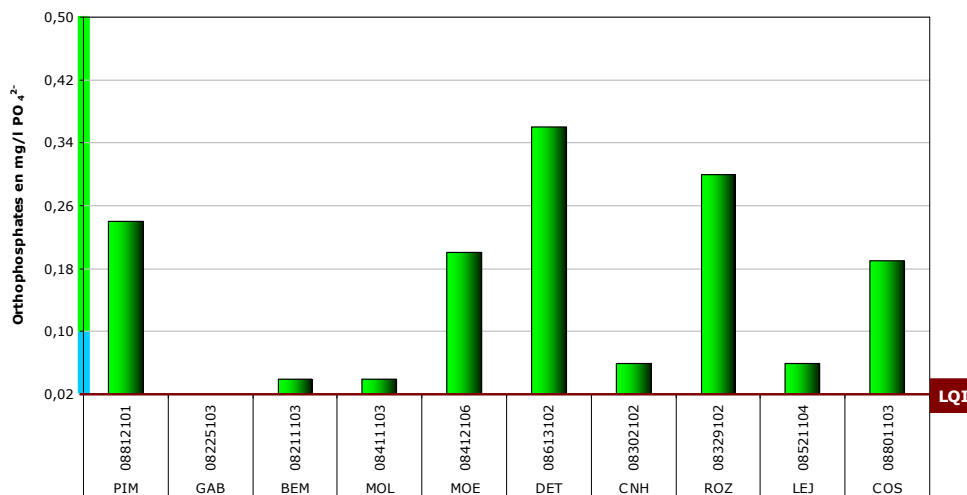
Le phosphore présent dans l'eau provient généralement de la dissolution des roches. Il est naturellement peu présent dans les eaux de surface et il constitue souvent l'élément limitant la production primaire. Cependant les pratiques agricoles ainsi que l'absence de traitement (ou le traitement partiel) des eaux usées (en particulier lessives et molécules détergentes) ont fait évoluer les teneurs vers un accroissement. Dénué d'effets toxiques directs, il participe néanmoins activement au phénomène d'eutrophisation des milieux aquatiques.

**Figure 8 : Résultats des mesures en phosphore total sur les stations du réseau d'enquête**



Les teneurs en phosphore des stations d'enquête indiquent des milieux plus ou moins productifs mais tous de bonne qualité vis-à-vis de cet élément. Les teneurs supérieures à la limite sont observées sur la Rivière des Coulisses au Parcours sportif de Saint Esprit (COS), sur la Rivière Monsieur à Patronnage de l'Espérance (MOE), sur la Rivière Desroses à l'Habitation Trianon (DET) et surtout sur la Roxelane en amont de la distillerie Depaz (ROZ).

**Figure 9 : Résultats des mesures en Orthophosphates sur les stations du réseau d'enquête**

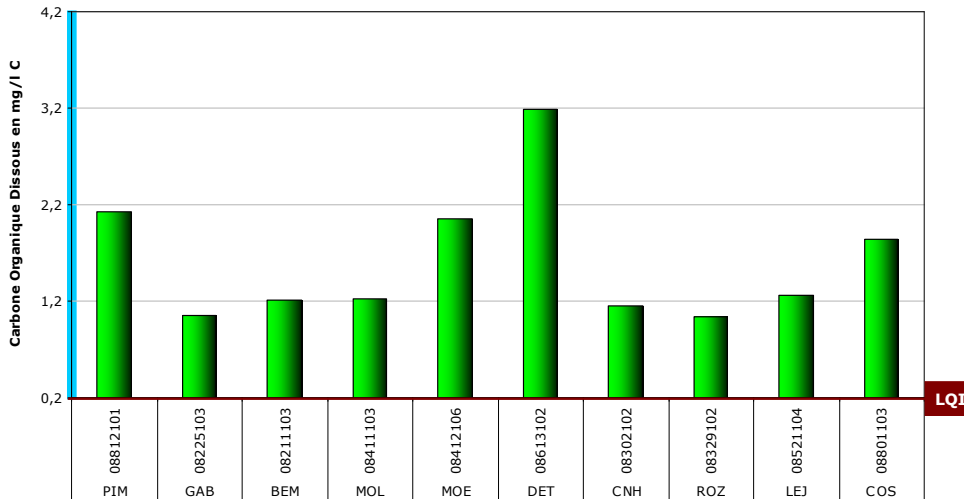


Tous les sites sont plus ou moins enrichis en composés phosphorés mais restent de bonne qualité.

### ❖ Carbone Organique Dissous (COD)

Le carbone organique Dissous (COD) permet de déterminer la présence et l'importance de la matière organique dans les eaux (composés organiques fixés ou volatils). Ce paramètre est étudié car il sert de support à des compartiments hétérotrophes (bactéries, champignons) et sa dégradation est susceptible de fournir à la colonne d'eau des éléments nutritifs ; ces réactions sont consommatrices d'oxygène et se traduisent par un abaissement de l'oxygène dissous, élément essentiel à la vie aquatique.

**Figure 10 : Résultats des mesures en Carbone Organique Dissous sur les stations du réseau d'enquête**



Les teneurs les plus élevées en COD ont été observées au niveau de la Rivière Desroses à l'Habitation Trianon (DET) mais restent dans la gamme de bonne qualité d'eau. Elles traduisent cependant, tout comme les paramètres ci-avant, l'enrichissement organique plus ou moins important des hydrosystèmes, d'origine naturelle (litières végétales) ou anthropique.

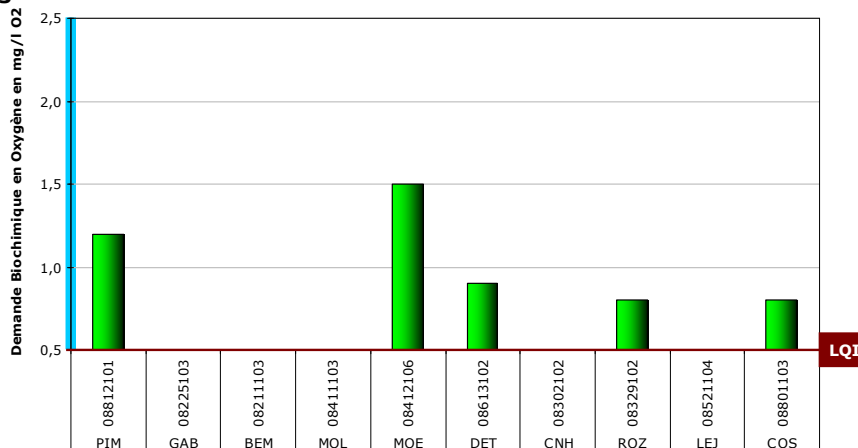
### ❖ Demande Biochimique en Oxygène : DBO5

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essai spécifiques (incubation pendant 5 jours, à 20°C dans l'obscurité) par les micro-organismes présents dans l'eau, pour assurer la dégradation de la matière organique par voie biologique.

La DBO5 représente plus particulièrement une mesure de la charge polluante d'origine carbonée (pollution organique biodégradable). Elle fournit donc une des indications importantes permettant de juger de la qualité d'une eau et de son degré de pollution. A titre indicatif un habitant produit en moyenne une charge de pollution équivalente à 60 grammes de DBO5 pour une journée.

Cependant, ce dosage est particulièrement délicat (évolution éventuelle de l'échantillon et faible reproductibilité de la mesure) ; il faut donc considérer les résultats en valeur absolue avec prudence. De plus, il serait peut-être nécessaire d'adapter la grille du SEQ-EAU pour une interprétation plus judicieuse des gammes de valeurs en condition tropicale.

**Figure 11 : Résultats des mesures en DBO5 sur les stations du réseau d'enquête**



Les valeurs de DBO<sub>5</sub> restent toutes en gamme de très bonne qualité du SEQ-EAU. Néanmoins, les valeurs de DBO5 supérieures à la LQI sont détectées pour les sites précédemment cités et impactés par la matière organique et minérale (azote, phosphore et carbone organique).

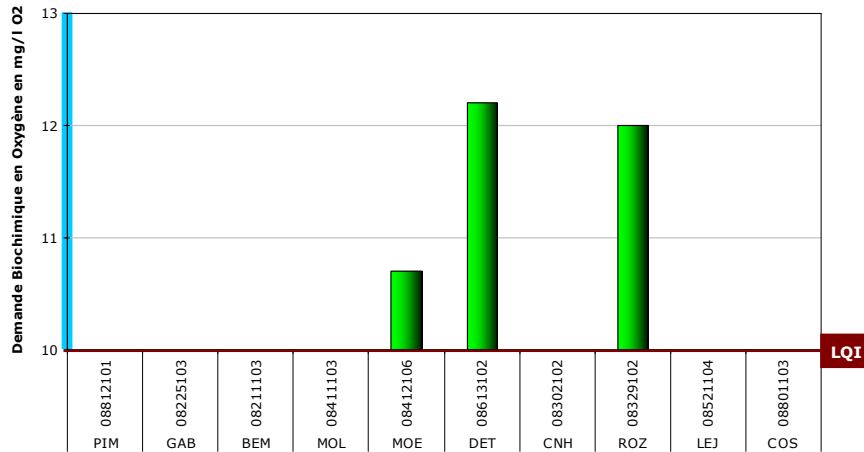


### ❖ Demande Chimique en Oxygène : DCO

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables, dans certaines conditions opératoires. Il s'agit d'un des paramètres spécifiques que l'on utilise pour déterminer la concentration des polluants principaux. C'est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale), à la différence de la DBO5, qui ne prend en compte que les matières organiques biodégradables.

La DCO constitue donc un paramètre important. Cette analyse sert essentiellement à la surveillance des eaux usées et des rejets industriels. En effet, la DCO n'est pas un paramètre adapté aux eaux superficielles naturelles ; seules les eaux riches en acides humiques présentent des teneurs élevées.

**Figure 12 : Résultats des mesures en DCO sur les stations du réseau d'enquête**



Trois sites présentent des valeurs significatives : Rivière Monsieur à Patronnage de l'Espérance (MOE), Rivière Desroses à l'Habitation Trianon (DET), Roxelane en amont du rejet de la distillerie Depaz (ROZ).

### ❖ Titre Hydrométrique (TH)

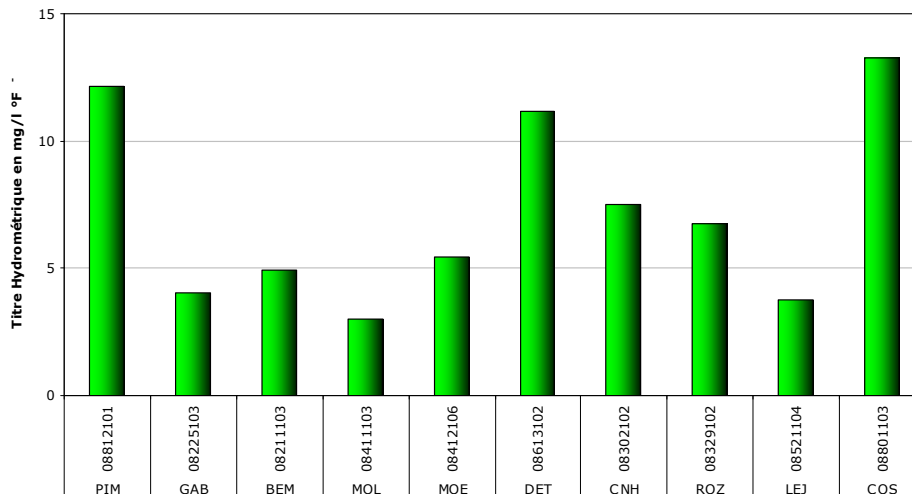
Le titre hydrotimétrique, ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
Eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

Le titre hydrotimétrique des eaux naturelles augmente souvent avec l'éloignement de la source, l'eau se chargeant en sels minéraux ; les eaux naturelles continentales sont généralement calcaires (bicarbonatées calciques).

**Figure 13 : Résultats des mesures en Titre Hydrométrique sur les stations du réseau d'enquête**



Tous les sites présentent des eaux douces à très douces avec des valeurs comprises entre 0 et 15.

### ❖ Calcium, Magnésium et Potassium

Le calcium, le cation le plus commun trouvé dans les eaux de surface, dépend principalement de la géologie, en particulier lorsqu'il y a des dépôts de carbonates ou de gypse présents. À l'échelle planétaire, les teneurs naturelles en calcium varient de 0,06 à 210 mg/l dans les ruisseaux et de 2 à 50 mg/l dans les grandes rivières et les fleuves (BV >100 000 km<sup>2</sup>).

Les concentrations en magnésium sont également dépendantes de la nature des roches sédimentaires rencontrées. Elles peuvent varier de 1 mg/l (massifs anciens – zone supérieure des cours d'eau) à plus de 50 mg/l (roches sédimentaires magnésiennes : dolomies et calcaires dolomiques du Jurassique et du Trias moyen).

Les minéraux contenant du potassium, pour la plupart des feldspaths et du mica, sont abondants mais peu solubles. Les concentrations naturelles de potassium dans les rivières ou fleuves sont très faibles (< 5 mg/l). Bien que la concentration en potassium augmente avec l'usage d'engrais, elle n'atteint jamais un niveau préoccupant quant à la qualité de l'eau. Les concentrations les plus élevées de potassium dans les bassins hydrographiques de l'Europe se retrouvent en aval de grands districts miniers (mines de potasse et de sel) sur le Rhin, la Weser et l'Elbe, où leur teneur peut dépasser la concentration de 12 mg/l (établie dans la directive de l'OMS relative à l'eau potable).

Figure 14 : Résultats des mesures en Calcium sur les stations du réseau d'enquête

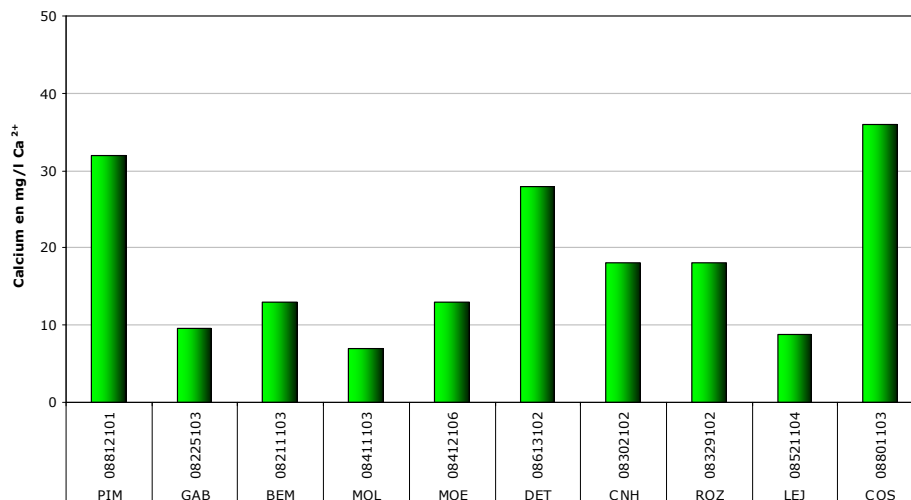
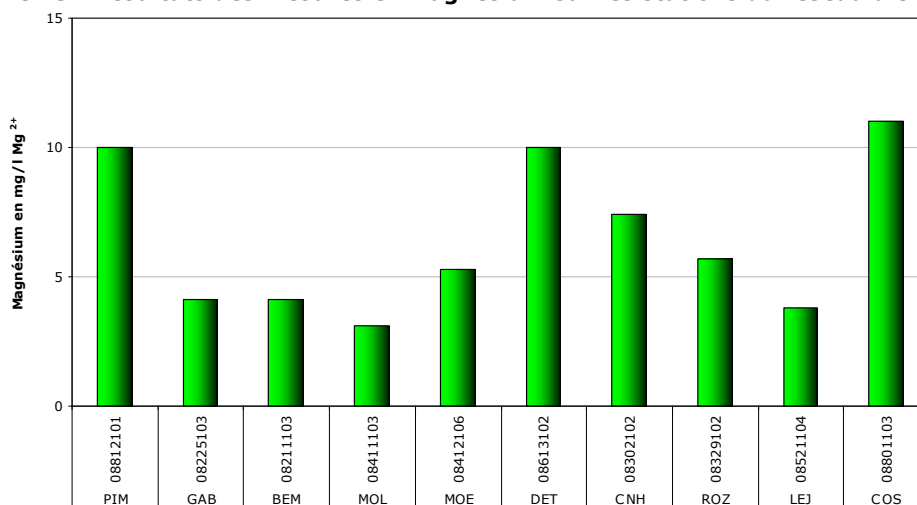
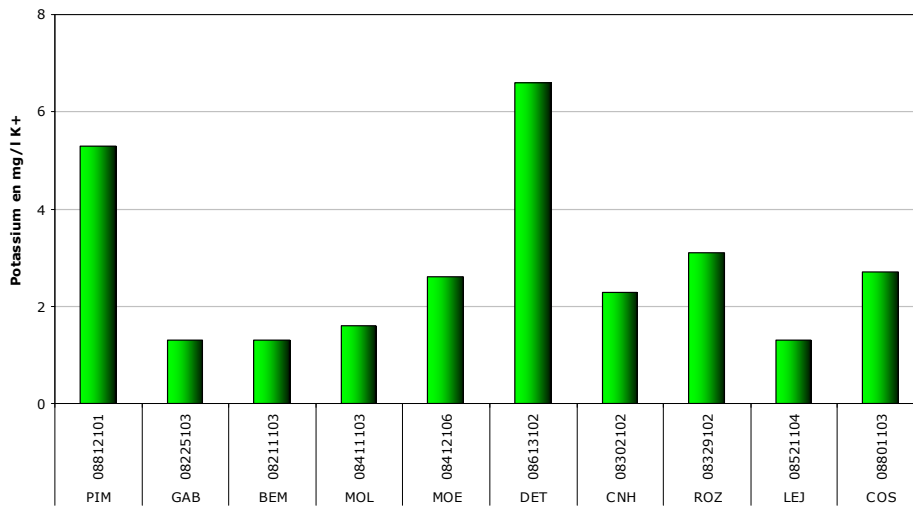


Figure 15 : Résultats des mesures en Magnésium sur les stations du réseau d'enquête



Les résultats sont en accord avec le Titre Hydrométrique, et la majorité des cours d'eau étudiés sont relativement pauvres à moyennement riches en calcium et en magnésium.

**Figure 16 : Résultats des mesures en Potassium sur les stations du réseau d'enquête**

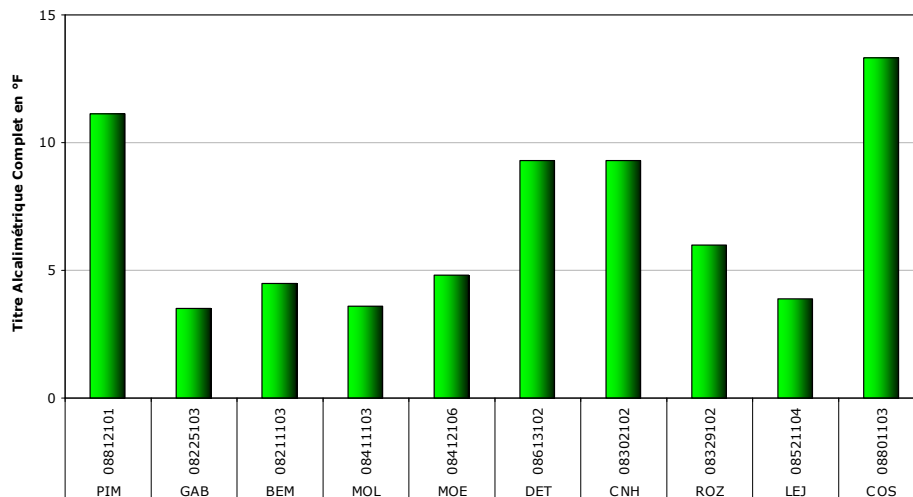


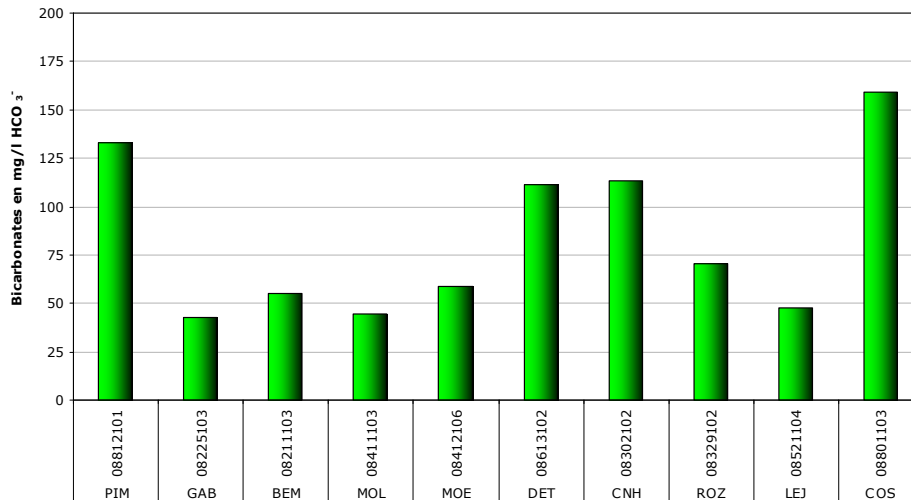
Les teneurs en potassium sont inférieures à 5 mg/l, ou comprises entre 5 et 10 mg/l, ce qui est conforme à la plupart des eaux naturelles.

❖ **Titre Alcalimétrique Complet (TAC) et bicarbonates**

Le TAC (titre alcalimétrique complet), ou alcalinité de l'eau, est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, et dans une moindre mesure, les ions phosphates et silicates ; son unité est le degré français (°f).

**Figure 17 : Résultats des mesures en Titre Alcalimétrique Complet sur les stations du réseau d'enquête**



**Figure 18 : Résultats des mesures en Bicarbonates sur les stations du réseau d'enquête**

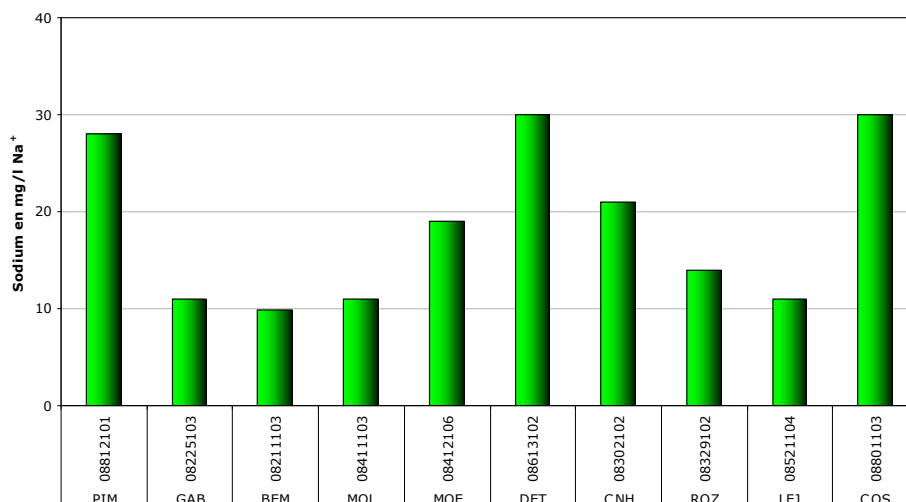
Les eaux des rivières prospectées sont faiblement alcalines (TAC inférieur à 10°F et bicarbonates inférieurs à 100 mg/l) à moyennement alcalines (TAC inférieur à 20°F et bicarbonates inférieurs à 250 mg/l).

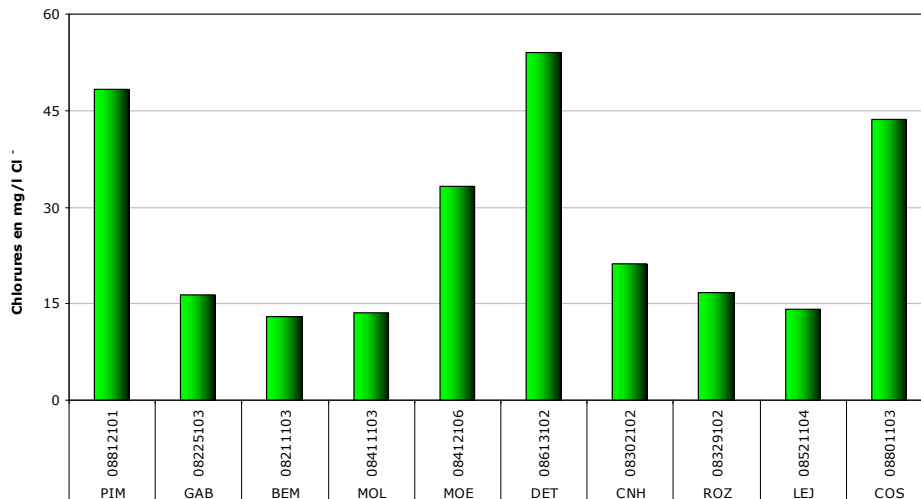
#### ❖ Sodium et Chlorures

Dans la plupart des cours d'eau, les concentrations de sodium et de chlorures sont souvent étroitement liées. Les deux proviennent de la météorisation naturelle de la roche et du transport atmosphérique de substances d'origine océanique, et d'une grande variété de sources anthropiques.

La teneur en chlorures des eaux courantes exempte de pollutions (sauf conditions géochimiques particulières) ne dépasse guère 20 mg/l ; une teneur élevée est très souvent l'indice d'une pollution urbaine et/ou industrielle.

Les sources anthropiques de sodium et de chlorures sont si étendues que les concentrations ont été augmentées par un facteur de 10 à 20 dans bien des cours d'eau.

**Figure 19 : Résultats des mesures en Sodium sur les stations du réseau d'enquête**

**Figure 20 : Résultats des mesures en Chlorure sur les stations du réseau d'enquête**

Les concentrations en chlorures dépassent nettement 20 mg/l pour la Petite Pilote au Pont Madeleine (PIM), pour la Rivière Monsieur à Patronnage de l'Espérance (MOE), pour la Rivière Desroses à l'Habitation Trianon (DET) et pour la Rivière des Coulisses au parcours sportif de Saint Esprit (COS).

Les teneurs élevées en sodium sur la Petite Pilote (PIM) et sur la Rivière des Coulisses (COS) sont en partie liées aux teneurs élevées en bicarbonates (bicarbonates de sodium).

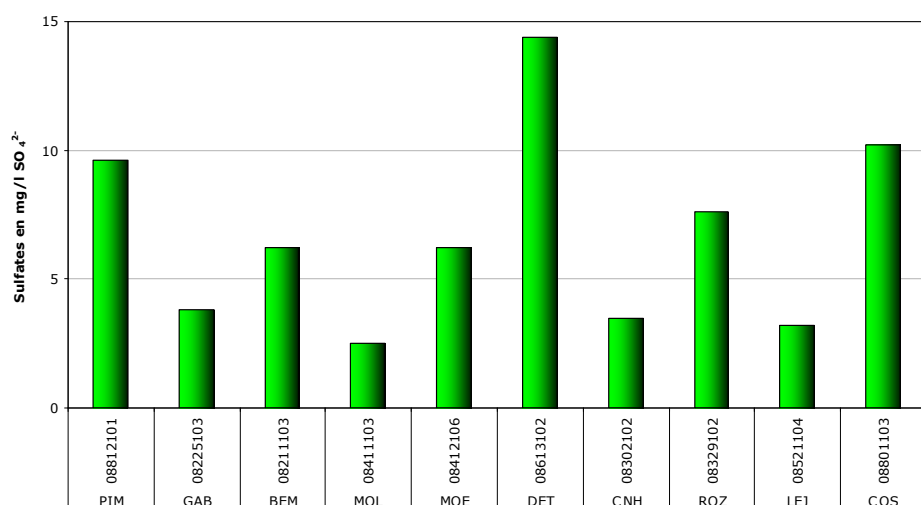
Par ailleurs, il existe une bonne corrélation entre les teneurs élevées en sodium et en chlorures sur ces cours d'eau.

#### ❖ Sulfates

La concentration des ions sulfates est très variable dans les eaux de surface, où elle dépend des minéraux contenant du soufre.

Cependant, les teneurs ont considérablement augmenté dans certains fleuves et rivières de l'Amérique du Nord (comme dans le Saint-Laurent et le Mississippi) depuis une centaine d'années, en grande partie à la suite de l'intensification des activités industrielles et agricoles.

C'est donc une indication utile pour caractériser des eaux particulières, la nature géologique locale jouant un rôle très important. Jusqu'à 20 mg/l, on peut considérer que l'on est en présence d'une eau non contaminée sans particularité géochimique.

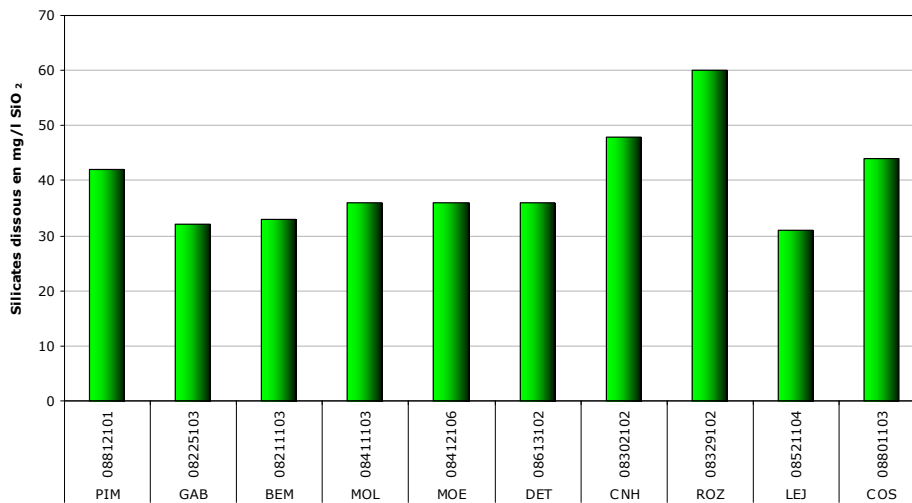
**Figure 21 : Résultats des mesures en Sulfates sur les stations du réseau d'enquête**

Les teneurs observées sont toutes inférieures à 15mg/l.

### ❖ Silicates dissous

La silice est le principal constituant du frustules des diatomées, coque siliceuse ornementée dans laquelle se trouve la cellule algale. Les teneurs en silice peuvent donc constituer un élément limitant pour leur développement.

**Figure 22 : Résultats des mesures en Silicates dissous sur les stations du réseau d'enquête**



Les concentrations observées sont variables en fonction des sites. Cependant, avec des teneurs supérieures à 30 mg/l), la silice ne constitue pas un élément limitant pour les diatomées dans les stations du réseau d'enquête.

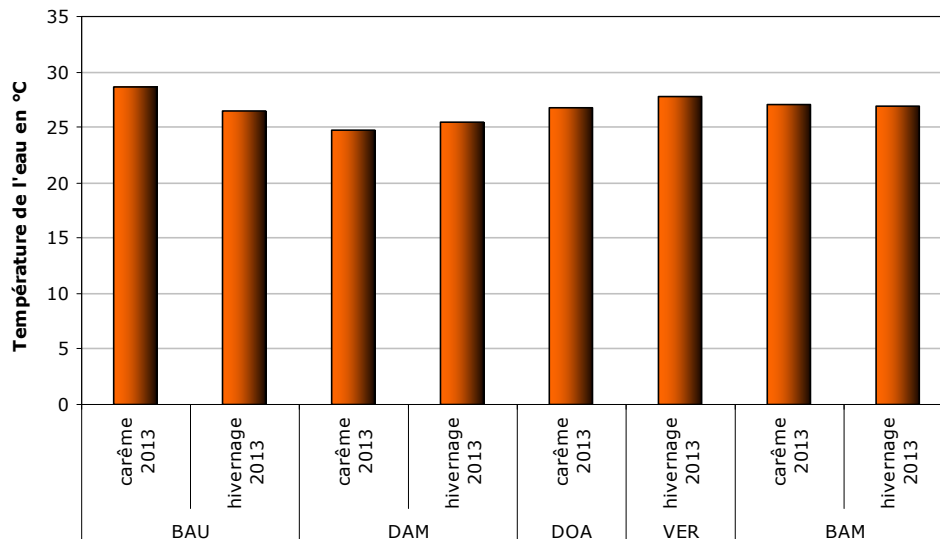
## 5.3. Analyses des résultats physico-chimiques des résurgences de l'HER Mornes du Sud

### 5.3.1. La physico-chimie de l'eau – paramètres in situ

#### ❖ Température

La température de l'eau est l'un des facteurs importants régissant les différents cycles chimiques dans l'eau. Elle évolue rapidement au cours des saisons et de la journée. L'exposition, la durée de l'ensoleillement, la vitesse du courant et l'agitation, l'origine des eaux et leur utilisation sont autant de facteurs responsables de ces variations. La température joue un rôle dans la distribution spatio-temporelle des espèces peuplant un cours d'eau.

Figure 23 : Résultats des mesures de température sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud

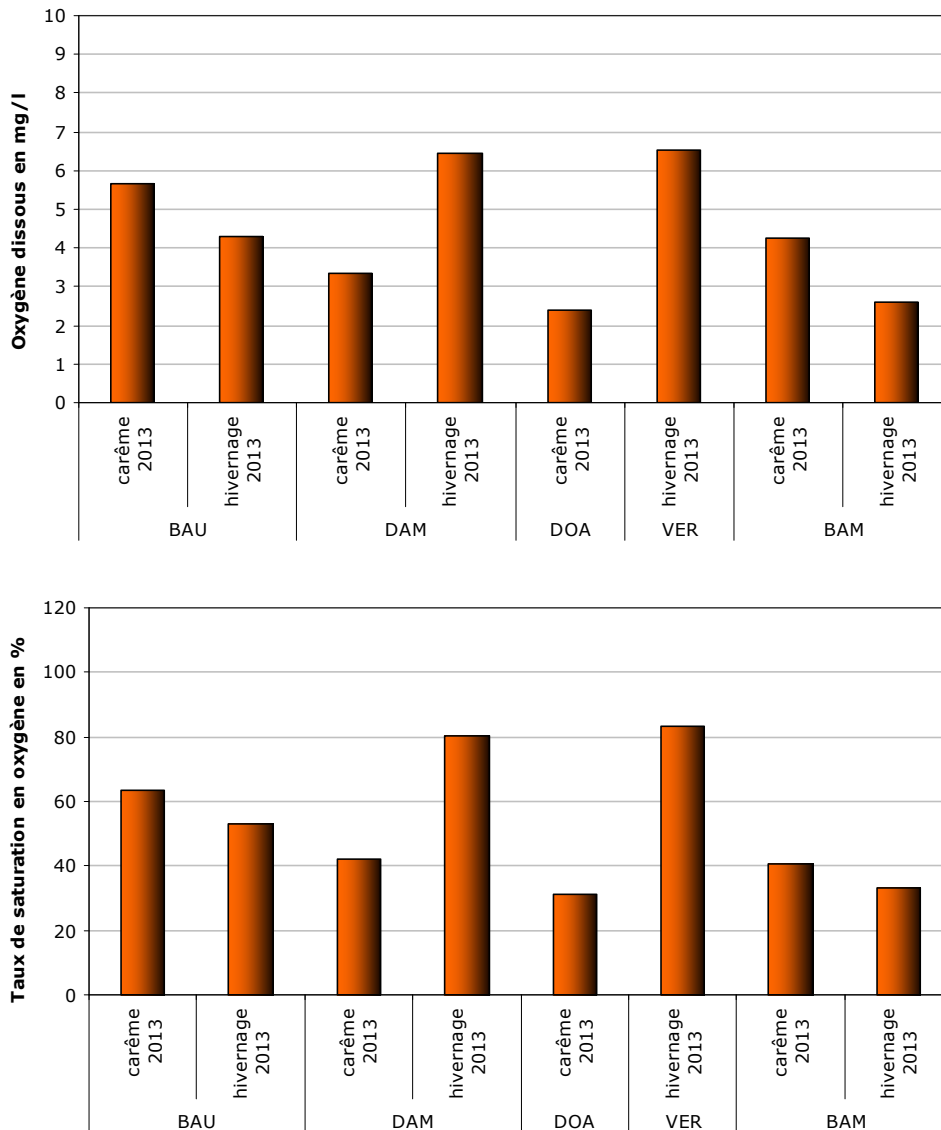


Les valeurs, comprises entre 24,8 °C (Source Les Dames en carême) et 28,6°C (Source Morne Escarpe Baudelle en carême), ont été relevées en sortie de résurgences et sont de ce fait, des valeurs particulièrement élevées.

❖ **Oxygène dissous et pourcentage de saturation**

L'oxygène est quantitativement le principal constituant de la matière vivante. La source principale d'oxygène est la réaction de photosynthèse végétale. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène dépend surtout de la température, de la pression atmosphérique et de la salinité. Les eaux superficielles ont généralement des concentrations proches de la saturation. Leur évolution dépend de la température, de l'agitation des eaux, de leur renouvellement, de l'activité biologique (production par photosynthèse, consommation par respiration). Les rejets organiques ou l'apport d'éléments fertilisants peuvent modifier ces teneurs (autoépuration, eutrophisation).

**Figure 24 : Résultats des mesures d'oxygène sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



*Les teneurs et pourcentages en oxygène ont été mesurées en sortie de résurgence avec des débits faibles à très faibles, ce qui explique les basses valeurs observées.*

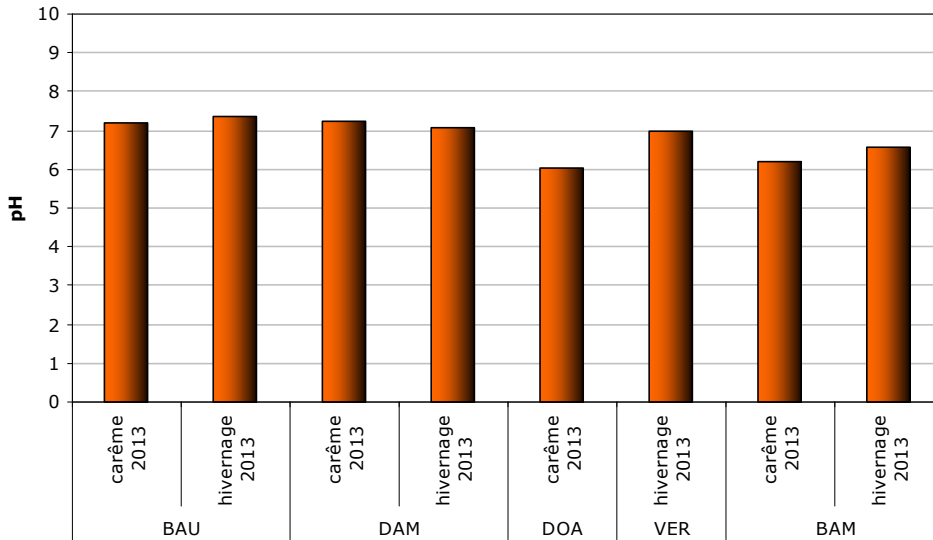


❖ **pH**

Le pH, ou potentiel hydrogène, reflète la concentration d'un liquide en ions H<sup>+</sup>. Ce paramètre est utilisé pour évaluer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Pour que l'eau devienne un milieu de vie, le pH doit être compris entre 5 et 9 mais la plupart des poissons vivent entre 6 et 8,5. Le pH dépend généralement de la nature géologique et pédologique des terrains traversés. Il peut également être influencé par les activités de la végétation aquatique ou fluctuer en fonction des activités anthropiques.

Le pH intervient dans les équilibres chimiques et dans la biodisponibilité de certains éléments ; par exemple, avec l'élévation du pH, les ions ammonium non toxiques se transforment en ions ammoniacque toxiques ou inversement.

**Figure 25 : Résultats des mesures de pH sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**

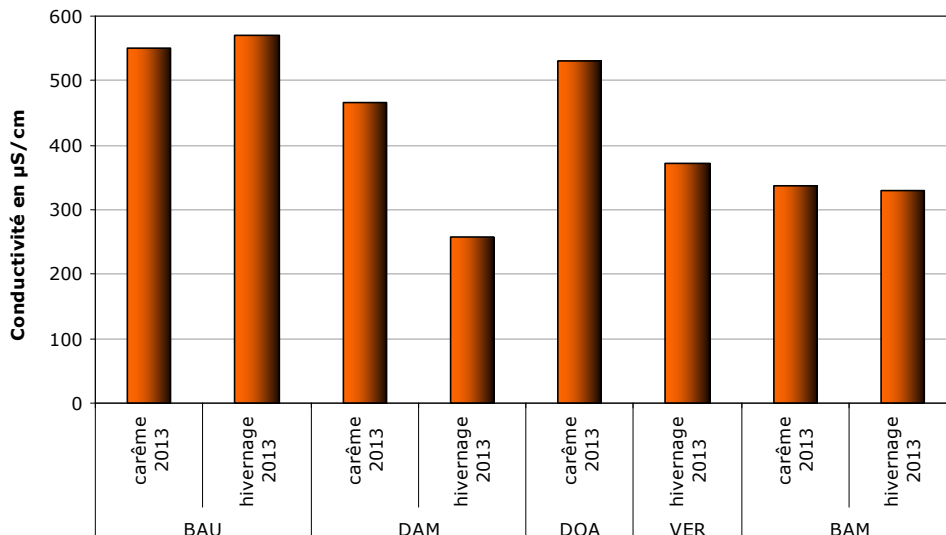


Les sources Morne Escarpe Baudelle, Les Dames et Vermeille présentent un pH neutre (entre 7 et 7,4), tandis que les sources Dos d'Ane (pH = 6) et Fond Bambou (pH = 6,2 et 6,56) montrent une légère tendance acide.

❖ **Conductivité**

La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Elle augmente généralement de l'amont vers l'aval, l'eau se chargeant progressivement en sels divers provenant des terrains traversés par les cours d'eau. Dans la majorité des eaux piscicoles métropolitaines non anthropisées, la conductivité varie entre 150 et 450 µS/cm. Selon Arrignon (1991), la classe de valeurs normales pour un cours d'eau cyprino-ésocicole est de [20-500] µS/cm. Des valeurs naturelles plus élevées sont possibles dans des cours d'eau fortement carbonatés métropolitains (jusqu'à 800 µS/cm) et dans les zones sous influences marines où à géochimie particulière. Les eaux continentales martiniquaises sont naturellement peu minéralisées ; les conductivités supérieures à 450 µS/cm reflètent donc une altération anthropique (excepté géochimie particulière et influence marine).

**Figure 26 : Résultats des mesures de conductivité sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



A l'exception de la Source Les Dames en hivernage (conductivité de 259  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), les valeurs observées sont particulièrement élevées pour des mesures réalisées en sortie de résurgence. Elles sont comprises entre 329  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour la source Fond Bambou en hivernage et 570  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour la source Morne Escarpe Baudelle en hivernage.

Ceci confirme la géochimie particulière des eaux de l'HER Morne du Sud où les conductivités naturelles sont fortes à très fortes sans influence anthropique, et où le comportement de la flore de diatomées des cours d'eau associée à cette minéralisation reste encore à préciser.

### **5.3.2. La physico-chimie de l'eau – analyses en laboratoire**

#### **❖ L'azote ammoniacal**

Il est souvent présent sous forme de traces dans les eaux courantes. Une concentration importante est indicatrice de pollutions anthropiques. La vie aquatique peut être perturbée pour des concentrations d'environ 2 mg  $\text{NH}_4^+$ /l pour un pH de 7,4 à 8,5.

L'azote ammoniacal n'existe que dans les eaux riches en matières organiques en décomposition, lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation ou que la charge azotée entrante dans l'écosystème est trop importante par rapport à sa capacité d'autoépuration (minéralisation de la matière organique).

Les teneurs en azote ammoniacal sont toutes inférieures à la LQI.

#### **❖ Azote Kjeldahl**

L'azote kjeldahl est un descripteur illustratif des formes de l'azote qui vont encore nécessiter une demande en oxygène pour être totalement nitrifiées. La quantité d'Azote Kjeldahl représente la somme des teneurs en azote organique et ammoniacal présentes dans d'une eau.

Seule la source La Vermeille présente une teneur supérieure à la LQI de 0,6mg/l.

#### **❖ Nitrites**

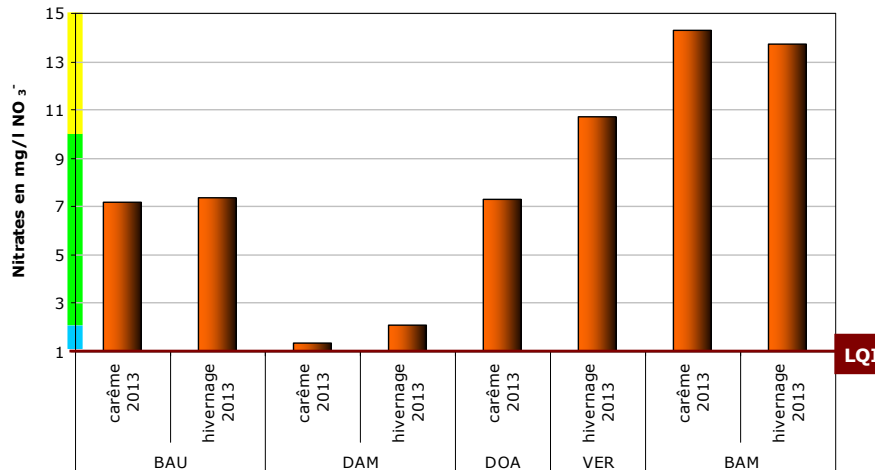
Les nitrites sont des composés transitoires et rarement présents dans les eaux naturelles. Des concentrations supérieures à 0,3 mg  $\text{NO}_2^-$ /l sont indicatrices d'une pollution d'origine organique et peuvent générer une toxicité pour les organismes vivants. Dans les eaux exemptes de pollution ou dans les zones où l'autoépuration est active, leurs teneurs se maintiennent en dessous de 0,01mg  $\text{NO}_2^-$ /l (Nisbet et Verneaux).

Les teneurs en nitrites sont toutes inférieures à la LQI.

❖ **Nitrates**

Dans les eaux courantes, le renouvellement actif de l’oxygène permet une nitrification rapide pour former les ions nitrates. Les concentrations naturelles varient de 1 à 15 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l avec une valeur optimale de 2 à 3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. L’augmentation de la distance aux sources provoque généralement une élévation des teneurs en nitrates, par le phénomène naturel de décomposition de la matière organique. Des teneurs fortes peuvent provenir d’une pollution agricole ou domestique. Les nitrates sont l’un des facteurs de l’eutrophisation des eaux naturelles et sont susceptibles d’être toxiques (eau potable) pour les jeunes enfants (méthémoglobinémie).

**Figure 27 : Résultats des mesures de Nitrates sur les résurgences de l’HER Mornes du Sud**

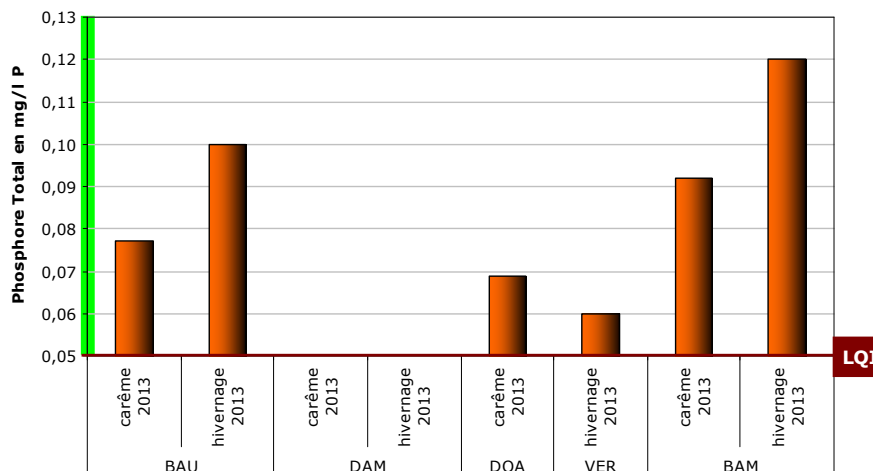


Les concentrations en nitrates fluctuent en fonction des sites. Seule la source Les Dames montrent de faibles valeurs. Les résurgences Morne Escarpé-Baudelle et Dos d’Ane restent dans la gamme de bonne qualité avec cependant des teneurs non négligeables. Par contre, les sources La Vermeille et Fond Bambou sont impactées par cette forme azotée.

❖ **Matières phosphorées**

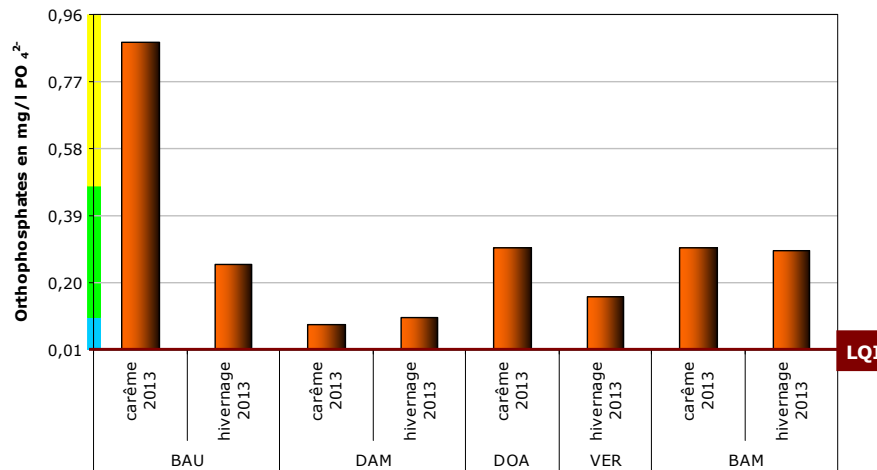
Le phosphore présent dans l’eau provient généralement de la dissolution des roches. Il est naturellement peu présent dans les eaux de surface et il constitue souvent l’élément limitant la production primaire. Cependant les pratiques agricoles ainsi que l’absence de traitement (ou le traitement partiel) des eaux usées (en particulier lessives et molécules détergentes) ont fait évoluer les teneurs vers un accroissement. Dénué d’effets toxiques directs, il participe néanmoins activement au phénomène d’eutrophisation des milieux aquatiques.

**Figure 28 : Résultats des mesures en phosphore total sur les résurgences de l’HER Mornes du Sud**



Les teneurs en phosphore des résurgences indiquent des milieux plus ou moins productifs mais tous de bonne qualité vis-à-vis de cet élément. Cependant, les teneurs sont notablement élevées pour les sources Morne Escarpé-Baudelle et Fond Bambou.

**Figure 29 : Résultats des mesures en Orthophosphates sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



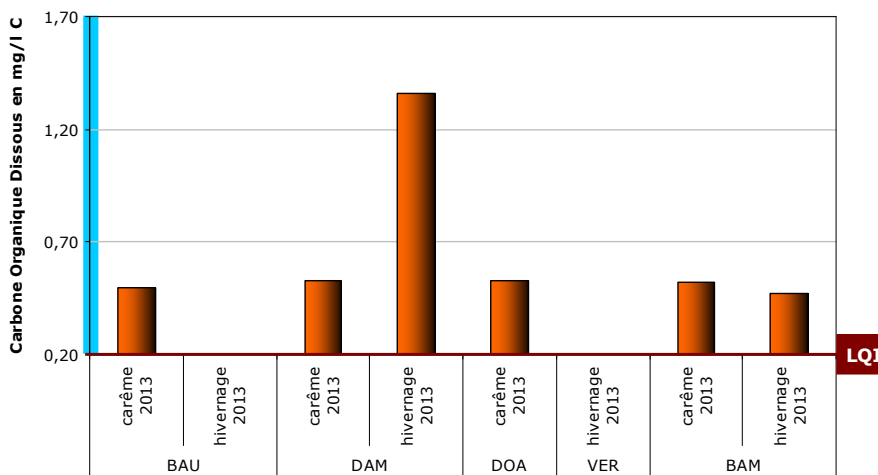
Tous les sites sont plus ou moins enrichis en composés phosphorés mais restent de bonne qualité, à l'exception de la source Morne Escarpé-Baudelle en carême.

Les eaux de ces résurgences, prélevées directement en sortie de source, sont donc plus ou moins productives au regard des composés de l'azote et du phosphore (contaminations anthropiques ?).

❖ **Carbone Organique Dissous (COD)**

Le carbone organique Dissous (COD) permet de déterminer la présence et l'importance de la matière organique dans les eaux (composés organiques fixés ou volatils). Ce paramètre est étudié car il sert de support à des compartiments hétérotrophes (bactéries, champignons) et sa dégradation est susceptible de fournir à la colonne d'eau des éléments nutritifs ; ces réactions sont consommatrices d'oxygène et se traduisent par un abaissement de l'oxygène dissous, élément essentiel à la vie aquatique.

**Figure 30 : Résultats des mesures en Carbone Organique Dissous sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



Les teneurs les plus élevées en COD ont été observées au niveau de la source Les Dames en hivernage, mais restent dans la gamme de bonne qualité d'eau. Elles traduisent cependant, tout comme les paramètres ci-avant, un enrichissement organique plus ou moins important.

### ❖ Demande Biochimique en Oxygène : DBO5

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essai spécifiques (incubation pendant 5 jours, à 20°C dans l'obscurité) par les micro-organismes présents dans l'eau, pour assurer la dégradation de la matière organique par voie biologique.

La DBO5 représente plus particulièrement une mesure de la charge polluante d'origine carbonée (pollution organique biodégradable). Elle fournit donc une des indications importantes permettant de juger de la qualité d'une eau et de son degré de pollution. A titre indicatif un habitant produit en moyenne une charge de pollution équivalente à 60 grammes de DBO5 pour une journée.

Cependant, ce dosage est particulièrement délicat (évolution éventuelle de l'échantillon et faible reproductibilité de la mesure) ; il faut donc considérer les résultats en valeur absolue avec prudence. De plus, il serait peut-être nécessaire d'adapter la grille du SEQ-EAU pour une interprétation plus judicieuse des gammes de valeurs en condition tropicale.

*Les valeurs de DBO<sub>5</sub> sont toutes inférieures à la LQI en carême.*

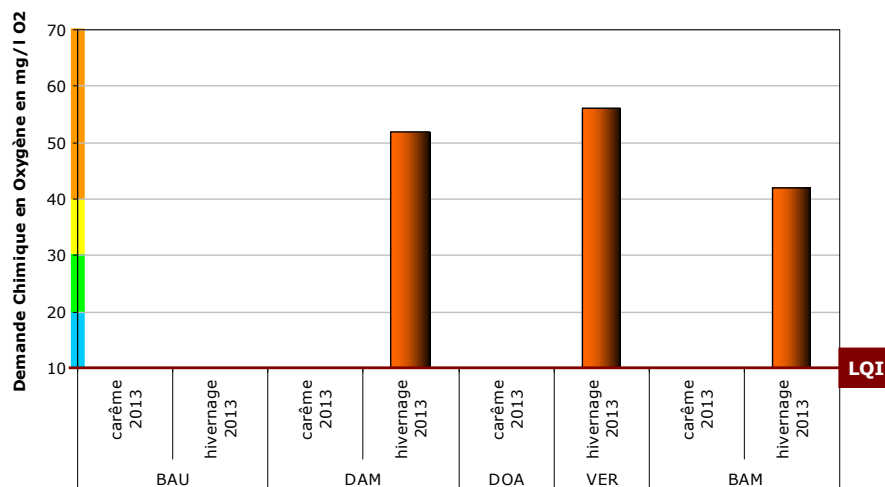
*Nous n'avons pas de résultats pour l'hivernage en raison d'une non-conformité de l'analyse par le laboratoire en hivernage.*

### ❖ Demande Chimique en Oxygène : DCO

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables, dans certaines conditions opératoires. Il s'agit d'un des paramètres spécifiques que l'on utilise pour déterminer la concentration des polluants principaux. C'est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale), à la différence de la DBO5, qui ne prend en compte que les matières organiques biodégradables.

La DCO constitue donc un paramètre important. Cette analyse sert essentiellement à la surveillance des eaux usées et des rejets industriels. En effet, la DCO n'est pas un paramètre adapté aux eaux superficielles naturelles ; seules les eaux riches en acides humiques présentent des teneurs élevées.

**Figure 31 : Résultats des mesures en DCO sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



*Les valeurs de DCO sont toutes inférieures à la LQI en carême.*

*Par contre, les valeurs obtenues en hivernage pour les sources Les Dames, La Vermeille et Fond Bambou renforcent les résultats précédents sur les composés de l'azote et du phosphore, ainsi que ceux du carbone organique dissous et posent la question d'éventuelles contaminations anthropiques de ces résurgences.*

### ❖ Titre Hydrométrique (TH)

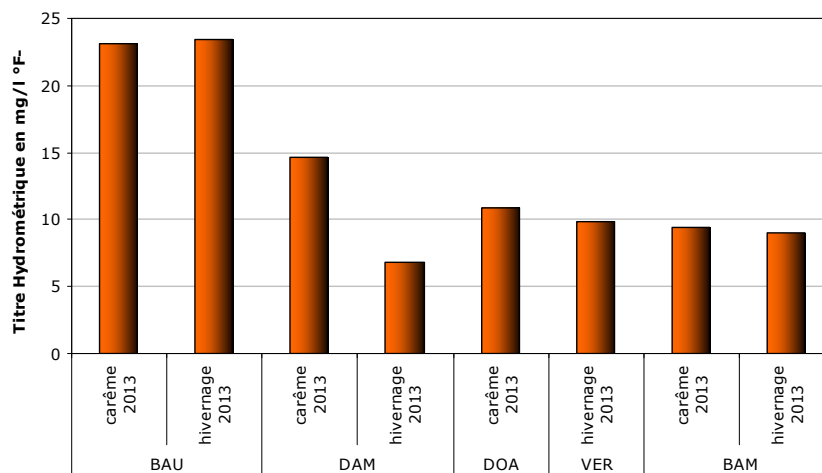
Le titre hydrotimétrique, ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

<b>TH (°f)</b>	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
<b>Eau</b>	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

Le titre hydrotimétrique des eaux naturelles augmente souvent avec l'éloignement de la source, l'eau se chargeant en sels minéraux ; les eaux naturelles continentales sont généralement calcaires (bicarbonatées calciques).

**Figure 32 : Résultats des mesures en Titre Hydrométrique sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



Tous les sites présentent des eaux douces avec des valeurs comprises entre 7 et 15 (sources Les Dames, Dos d'Ane, La Vermeille et Fond Bambou), à moyennement dure pour la résurgence Morne Escarpé-Baudelle.

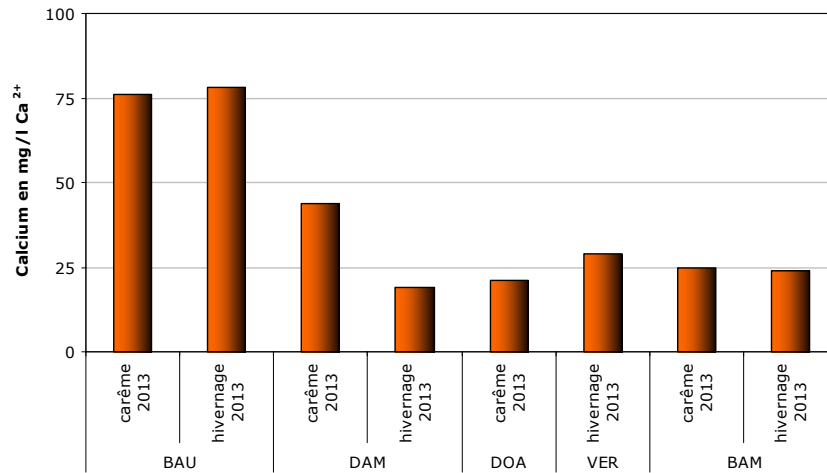
### ❖ Calcium, Magnésium et Potassium

Le calcium, le cation le plus commun trouvé dans les eaux de surface, dépend principalement de la géologie, en particulier lorsqu'il y a des dépôts de carbonates ou de gypse présents. À l'échelle planétaire, les teneurs naturelles en calcium varient de 0,06 à 210 mg/l dans les ruisseaux et de 2 à 50 mg/l dans les grandes rivières et les fleuves (BV >100 000 km<sup>2</sup>).

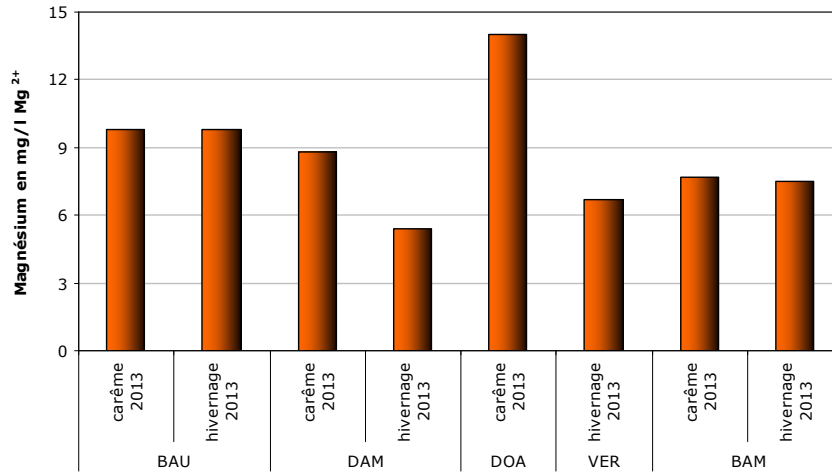
Les concentrations en magnésium sont également dépendantes de la nature des roches sédimentaires rencontrées. Elles peuvent varier de 1 mg/l (massifs anciens – zone supérieure des cours d'eau) à plus de 50 mg/l (roches sédimentaires magnésiennes : dolomies et calcaires dolomiques du Jurassique et du Trias moyen).

Les minéraux contenant du potassium, pour la plupart des feldspaths et du mica, sont abondants mais peu solubles. Les concentrations naturelles de potassium dans les rivières ou fleuves sont très faibles (< 5 mg/l). Bien que la concentration en potassium augmente avec l'usage d'engrais, elle n'atteint jamais un niveau préoccupant quant à la qualité de l'eau. Les concentrations les plus élevées de potassium dans les bassins hydrographiques de l'Europe se retrouvent en aval de grands districts miniers (mines de potasse et de sel) sur le Rhin, la Weser et l'Elbe, où leur teneur peut dépasser la concentration de 12 mg/l (établie dans la directive de l'OMS relative à l'eau potable).

**Figure 33 : Résultats des mesures en Calcium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**

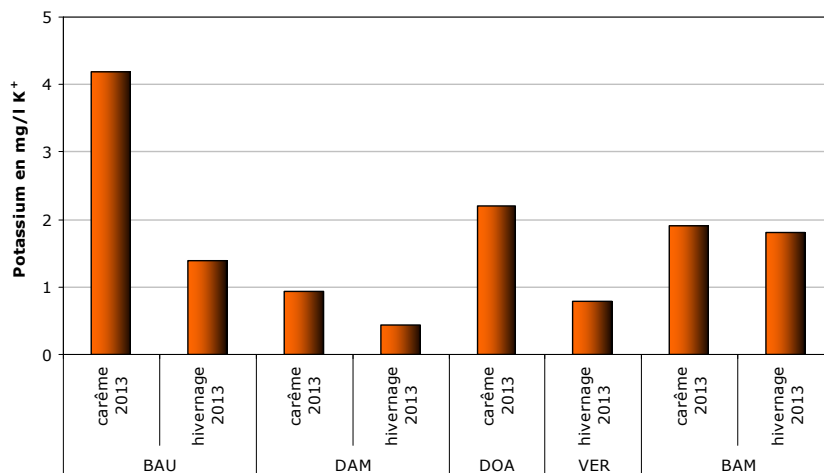


**Figure 34 : Résultats des mesures en Magnésium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



La source Morne Escarpé-Baudelle est particulièrement riche en calcium. Les autres résurgences montrent des valeurs en accord avec le Titre Hydrométrique. A noter cependant que la source Dos d'Ane est la plus riche en magnésium.

**Figure 35 : Résultats des mesures en Potassium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**

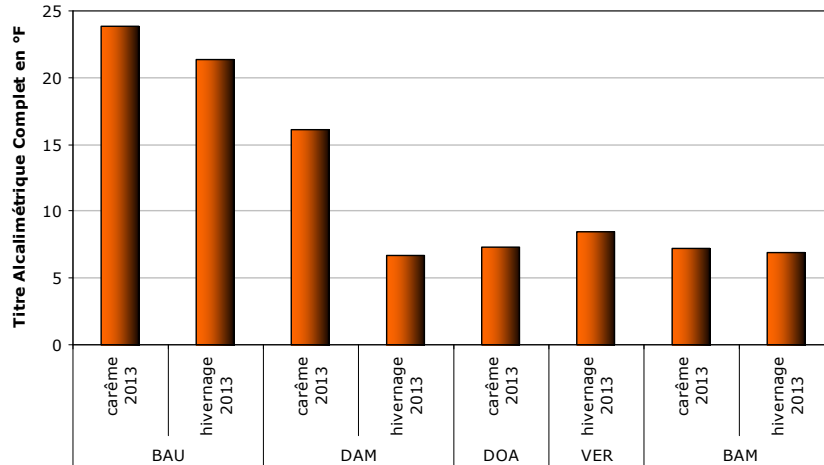


Les teneurs en potassium sont inférieures à 5 mg/l, ce qui est conforme à la plupart des eaux naturelles.

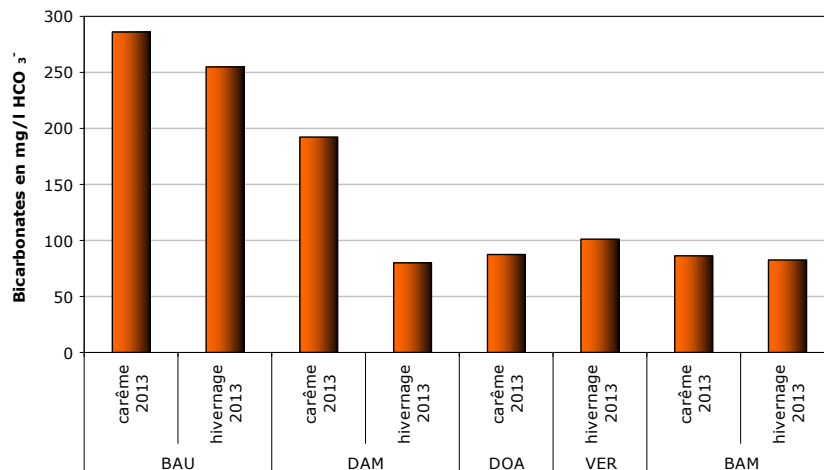
❖ **Titre Alcalimétrique Complet (TAC) et bicarbonates**

Le TAC (titre alcalimétrique complet), ou alcalinité de l'eau, est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, et dans une moindre mesure, les ions phosphates et silicates ; son unité est le degré français (°f).

**Figure 36 : Résultats des mesures en Titre Alcalimétrique Complet sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



**Figure 37 : Résultats des mesures en Bicarbonates sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



Les eaux des sources Dos d'Ane, La Vermeille et Fond Bambou sont faiblement alcalines (TAC inférieur à 10°F et bicarbonates inférieurs à 100 mg/l). Celles de la source Morne Escarpé-Baudelle sont alcalines (TAC supérieur à 20°F et bicarbonates supérieurs à 250 mg/l).



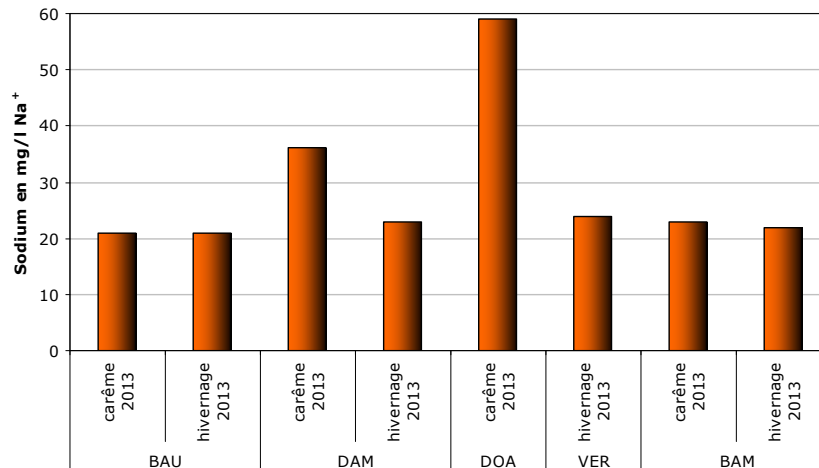
## ❖ Sodium et Chlorures

Dans la plupart des cours d'eau, les concentrations de sodium et de chlorures sont souvent étroitement liées. Les deux proviennent de la météorisation naturelle de la roche et du transport atmosphérique de substances d'origine océanique, et d'une grande variété de sources anthropiques.

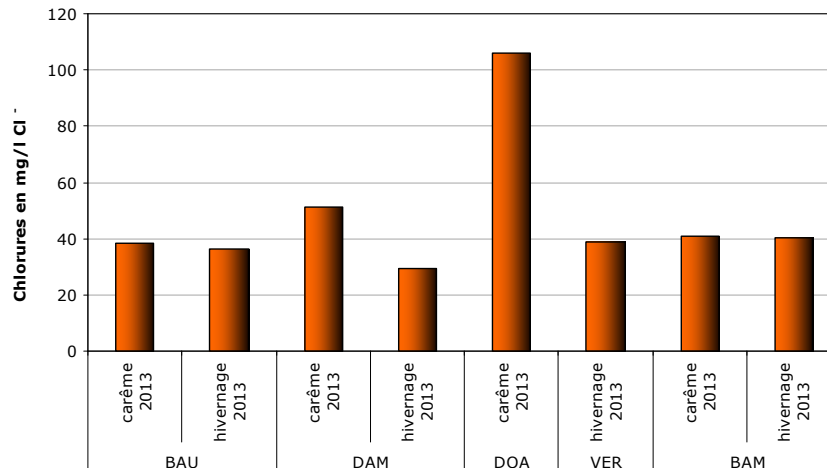
La teneur en chlorures des eaux courantes exempte de pollutions (sauf conditions géochimiques particulières) ne dépasse guère 20 mg/l ; une teneur élevée est très souvent l'indice d'une pollution urbaine et/ou industrielle, ou d'une géochimie particulière.

Les sources anthropiques de sodium et de chlorures sont si étendues que les concentrations ont été augmentées par un facteur de 10 à 20 dans bien des cours d'eau.

**Figure 38 : Résultats des mesures en Sodium sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



**Figure 39 : Résultats des mesures en Chlorure sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



Les concentrations en chlorures dépassent nettement 20 mg/l pour toutes les résurgences, en particulier dans les eaux de la source Dos d'Ane où la teneur atteint 106 mg/l.

Par ailleurs, il existe une bonne corrélation entre les teneurs élevées en sodium et en chlorures dans ces eaux.

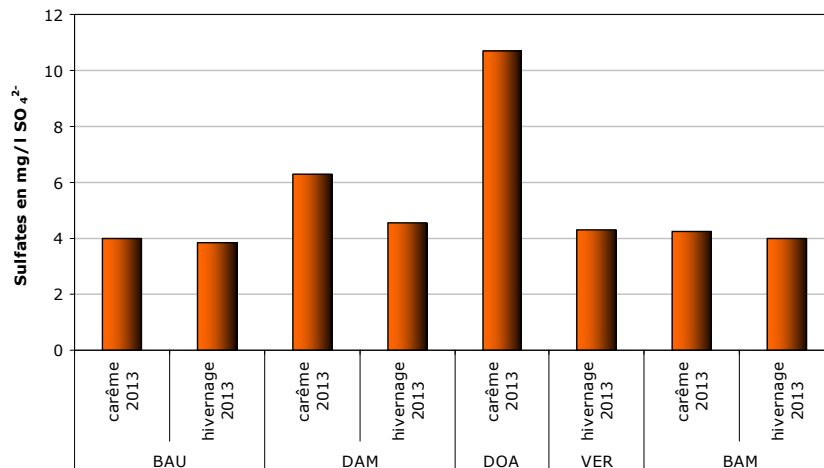
### ❖ Sulfates

La concentration des ions sulfates est très variable dans les eaux de surface, où elle dépend des minéraux contenant du soufre.

Cependant, les teneurs ont considérablement augmenté dans certains fleuves et rivières de l'Amérique du Nord (comme dans le Saint-Laurent et le Mississippi) depuis une centaine d'années, en grande partie à la suite de l'intensification des activités industrielles et agricoles.

C'est donc une indication utile pour caractériser des eaux particulières, la nature géologique locale jouant un rôle très important. Jusqu'à 20 mg/l, on peut considérer que l'on est en présence d'une eau non contaminée sans particularité géochimique.

**Figure 40 : Résultats des mesures en Sufate sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**

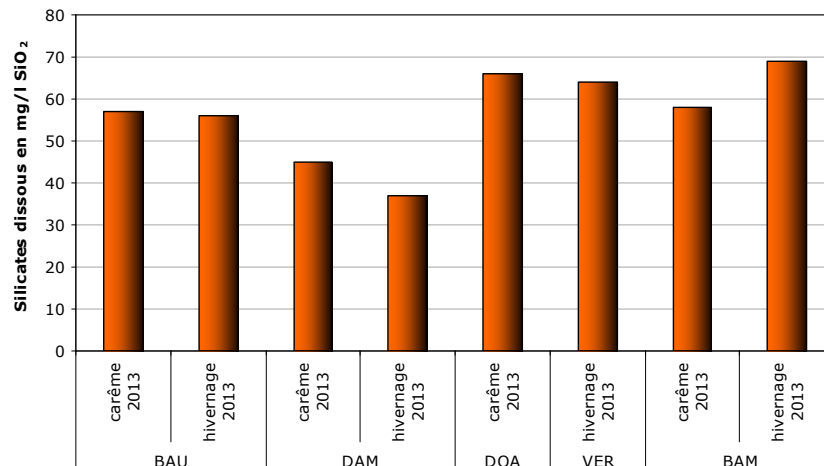


Les teneurs observées sont toutes inférieures à 11mg/l.

### ❖ Silicates dissous

La silice est le principal constituant du frustules des diatomées, coque siliceuse ornementée dans laquelle se trouve la cellule algale. Les teneurs en silice peuvent donc constituer un élément limitant pour leur développement.

**Figure 41 : Résultats des mesures en Silicates dissous sur les résurgences de l'HER Mornes du Sud**



Les concentrations observées sont variables en fonction des sites. Cependant, avec des teneurs supérieures à 30 mg/l, la silice ne constitue pas un élément limitant pour le développement des diatomées dans ces résurgences.

# 6. Analyses de la minéralisation des stations du réseau d'enquête

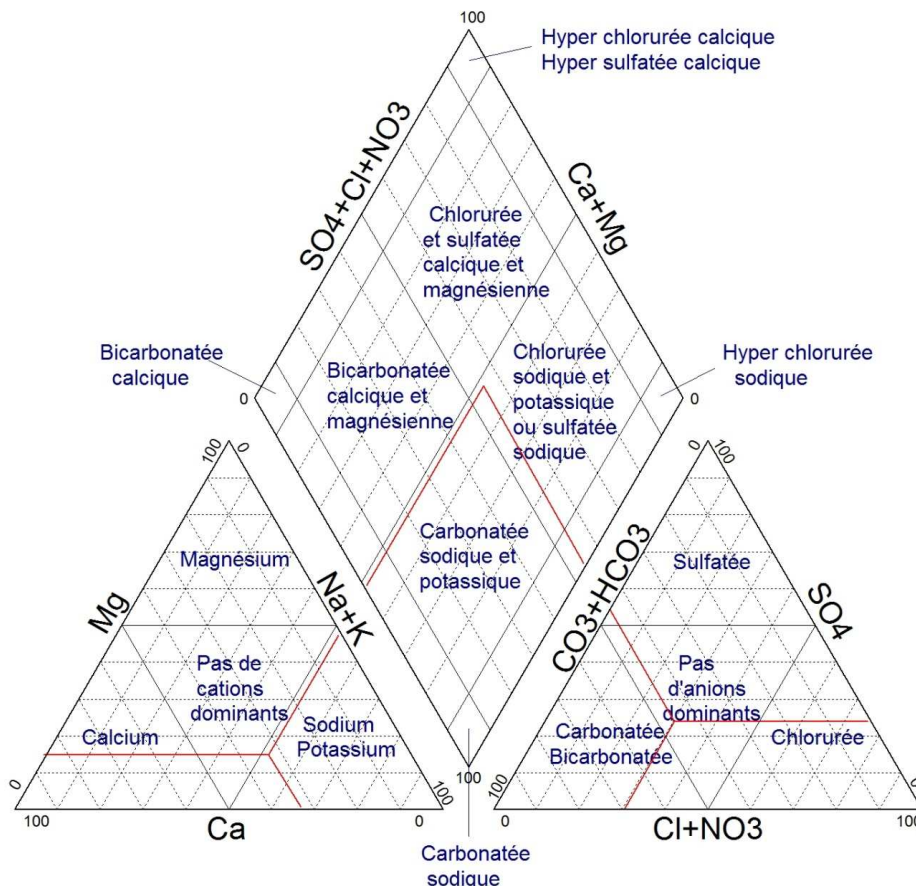
Les diagrammes de Piper et les graphiques de Schöeller-Berkaloff sont réalisés à l'aide du logiciel d'hydrochimie « Diagrammes » créé par Roland Simler du Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon (LHA). Ce logiciel est disponible gratuitement sur internet.

## ▪ Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global (Figure 28).

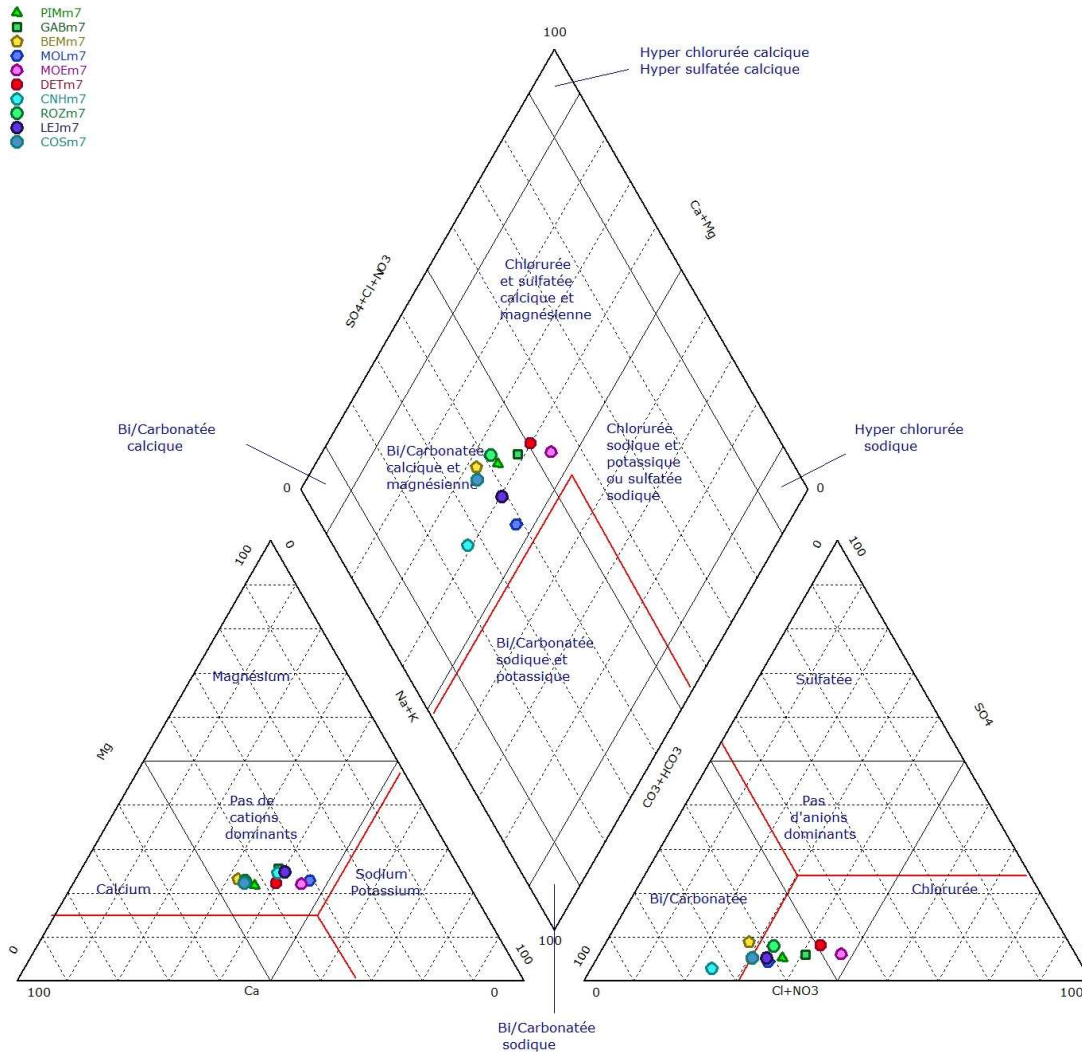
Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons. Dans ce dernier cas, l'utilisation est voisine de celle un plan factoriel d'ACP.

Figure 42 : Interprétation du diagramme de Piper



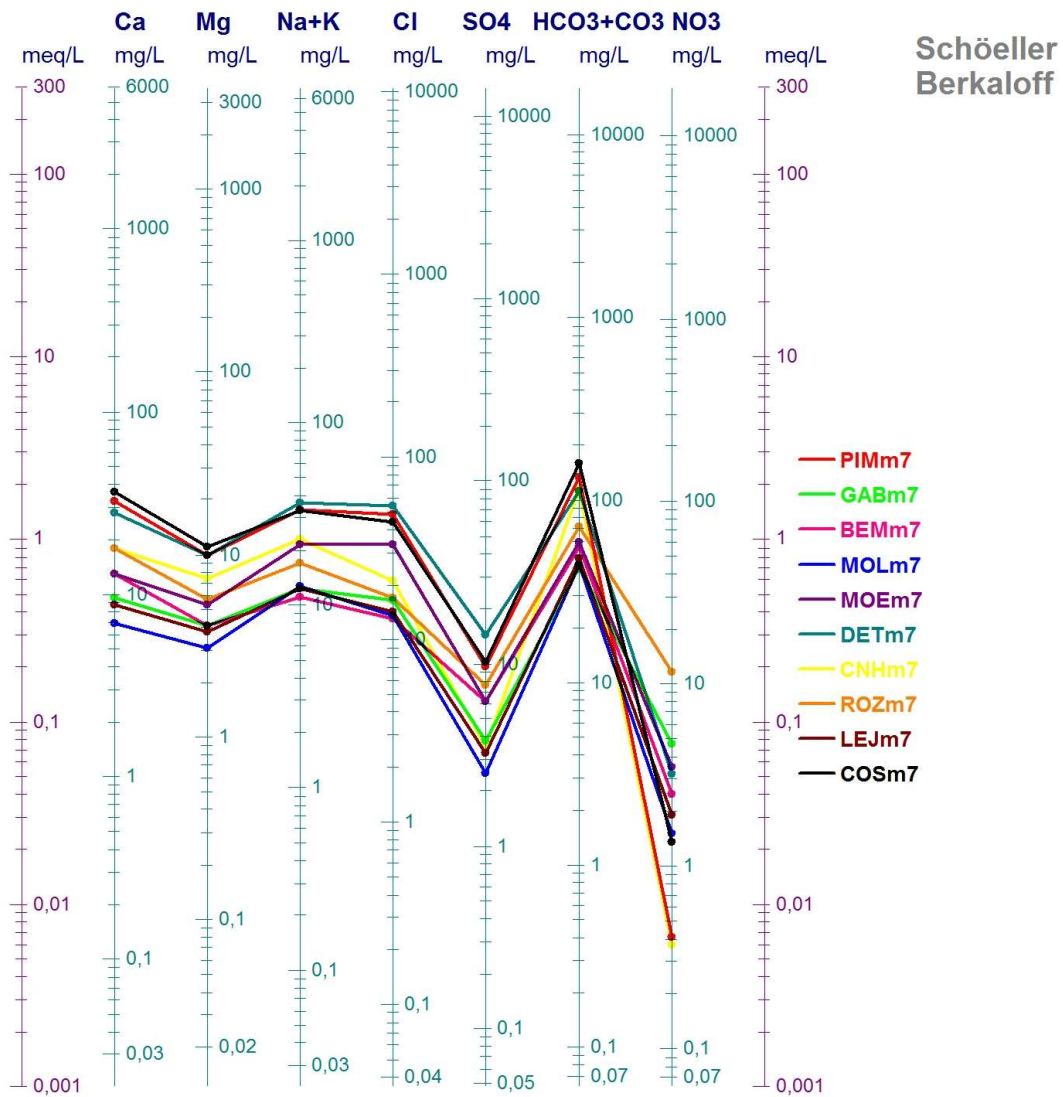
# 6.1. Les stations du réseau d'enquête

Figure 43 : Diagramme de Piper général - Stations d'enquête



Les eaux des stations du réseau d'enquête sont de type carbonaté et bicarbonaté calcique et magnésien sans cations dominants. Certaines tendent vers un type chloruré calcique et magnésien, en particulier les rivières Desroses à l'Habitation Trianon (DET) et Monsieur à Patronnage de l'Espérance (MOE).

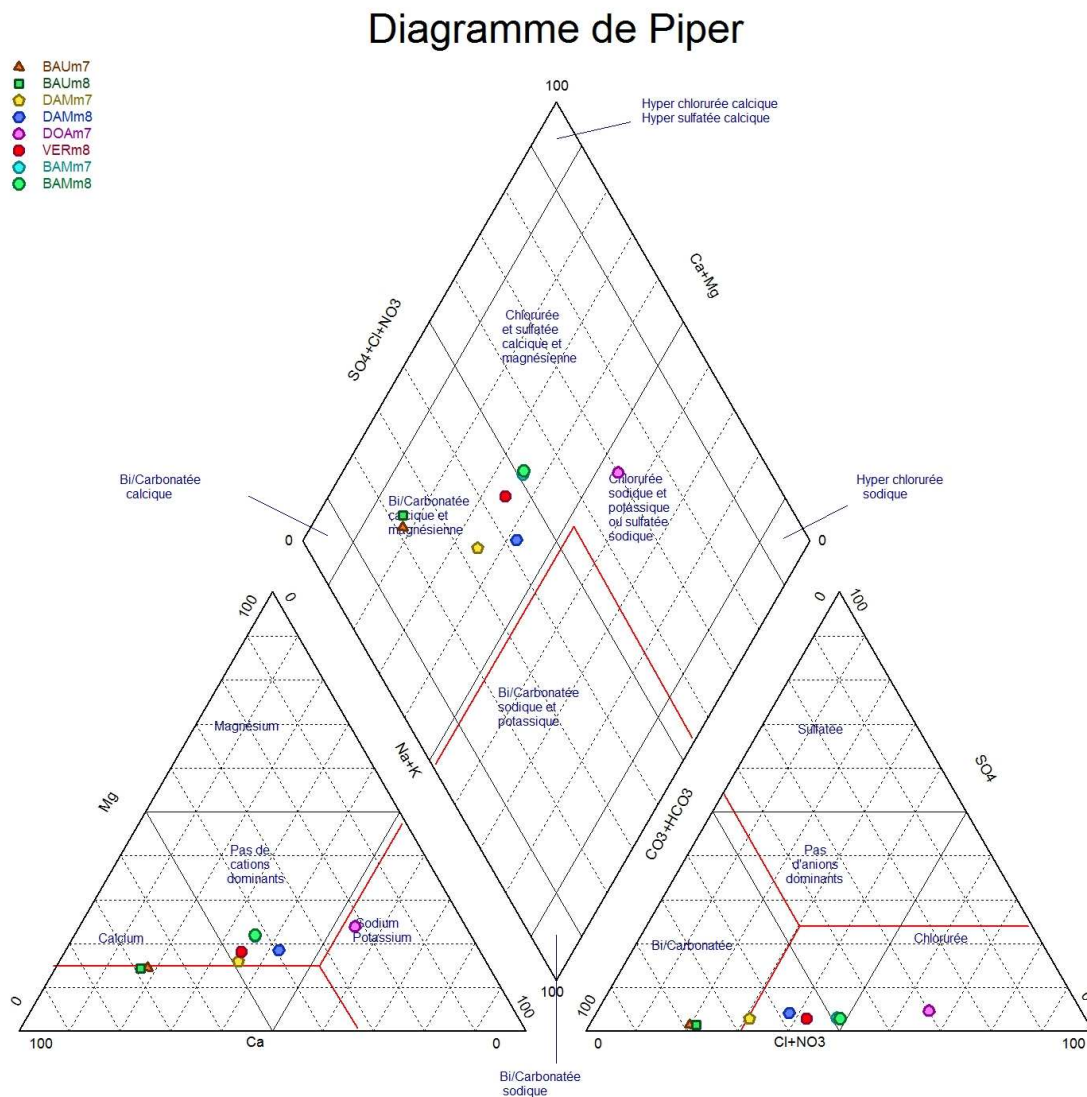
**Figure 44 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff – Stations d’enquête**



Le diagramme de Schöeller-Berkaloff confirme le type carbonaté et bicarbonaté calcique et magnésien sans cation dominant des stations d’enquête. Ces eaux sont également relativement pauvres en sulfates. Il montre également que la Roxelane en amont du rejet de la distillerie Depaz (ROZ) est la plus enrichie en nitrates, alors que la Case Navire à l’Habitation Fond Rousseau (CNH) et la Lézarde à l’Habitation Jonction (LEJ) présentent les plus faibles teneurs.

# 6.2. Les stations des résurgences de l'HER Mornes du Sud

Figure 45 : Diagramme de Piper général – Résurgences HER Mornes du Sud



### ❖ Source Morne Escarpé-Baudelle (BAU)

Les eaux sont de type carbonaté et bicarbonaté calcique et magnésienne avec une nette dominance du calcium. Ces eaux sont pauvres en chlorures et sulfates.



❖ **Source Les Dames et source La Vermeille (DAM et VER)**

Les eaux sont de type carbonaté et bicarbonaté calcique et magnésienne sans cations dominants et moyennement riches en chlorures, mais pauvres en sulfates.

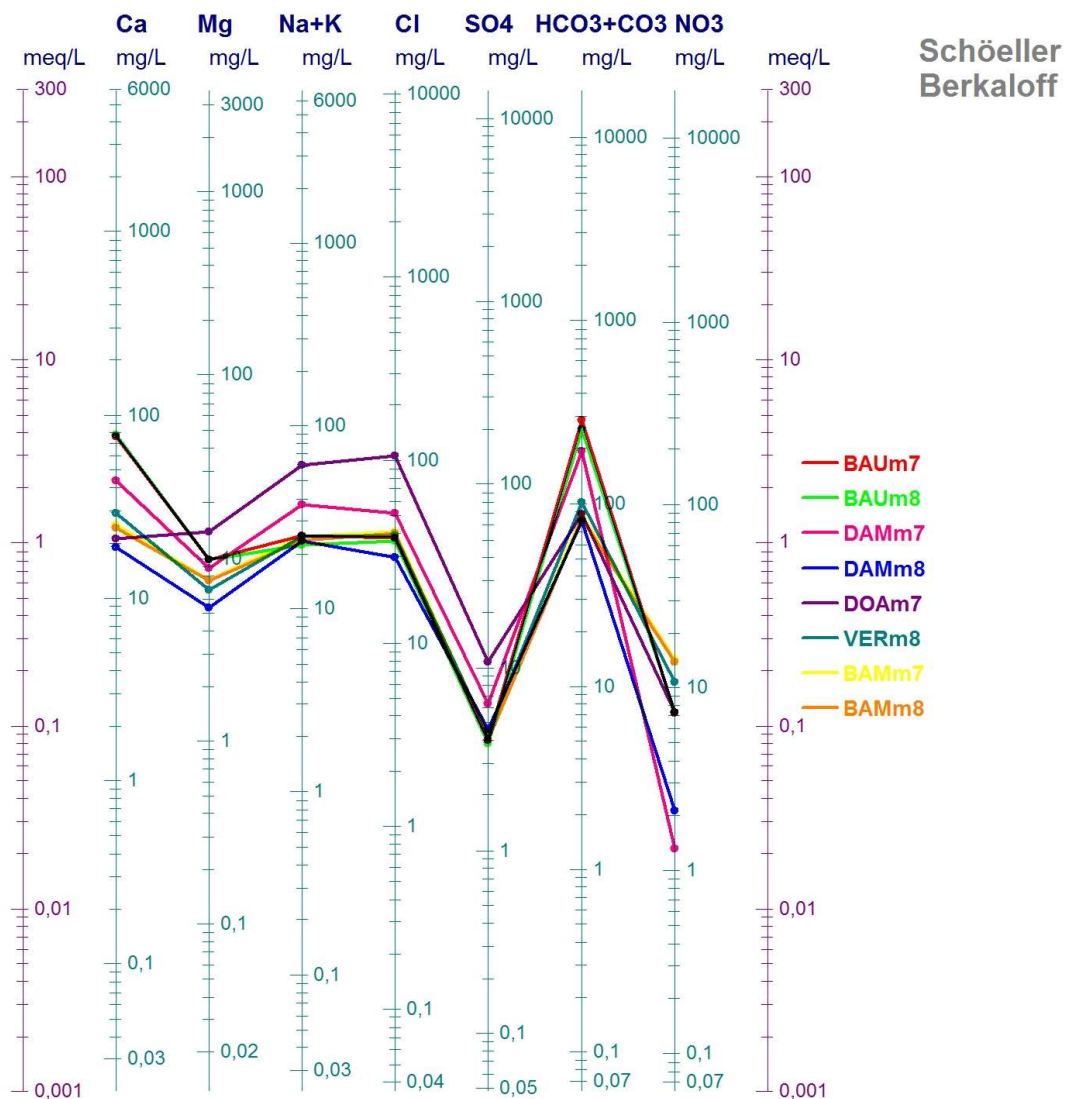
❖ **Source Dos d'Ane (DOA)**

Les eaux sont de type chloruré sodique et potassique. Elles sont pauvres en sulfates.

❖ **Source Fond Bambou (BAM)**

Les eaux sont de type chloruré calcique et magnésienne sans cation dominant et pauvre en sulfates.

**Figure 46 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff – Résurgences HER Mornes du Sud**



Le diagramme de Schöeller-Berkaloff confirme le statut géochimique des résurgences et montre que la source Les Dames (DAM) est la moins enrichie en nitrates, et que les autres résurgences le sont plus ou moins avec un maximum pour la source Fond Bambou (BAM).

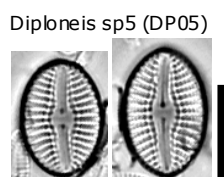
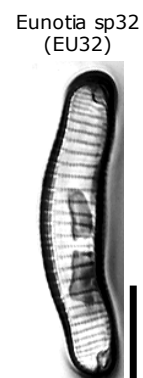
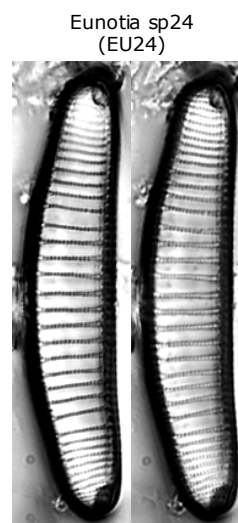
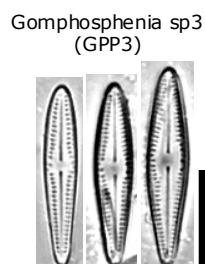
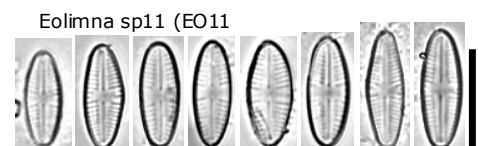
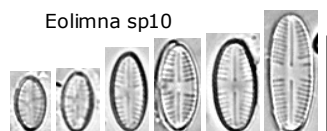
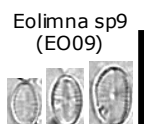
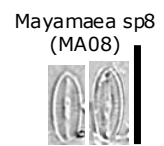
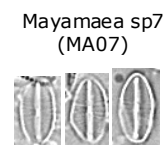
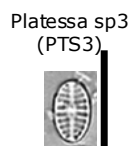
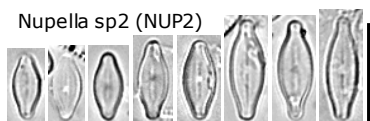
# 7. Taxons inventoriés dans les stations d'enquête

Nous n'avons pas inventorié de nouveaux taxons dans les stations du réseau d'enquête.

# 8. Taxons inventoriés dans les résurgences de l'HER Mornes du Sud

Nous avons recensé 12 nouveaux taxons pour la Martinique lors de ces comptages dont 1 diatomée du genre Nupella (Nupella sp2) et 1 diatomée du genre Diploneis (Diploneis sp5) déjà observée en Guadeloupe.

**Figure 47 : Nouveaux taxons observés pour la Martinique (résurgences HER Mornes du Sud)**





# 9. Bilan et perspectives

L'objectif de ce travail sur les diatomées benthiques est de compléter le panel représentatif des situations naturelles et anthropisées des cours d'eau de Martinique afin d'obtenir la plus large gamme de conditions physico-chimiques existant sur l'île. La définition des paramètres régissant leur distribution conduira à la consolidation et à la fiabilisation de l'Indice Diatomique Antillais (I.D.A.) par l'intégration des données obtenues en 2012 et 2013 à la base de données existante (données 2009-2011).

La première analyse des données du réseau d'enquête a montré que les sites ajoutés aux réseaux de surveillance et de référence correspondaient bien à cet objectif. Nous n'avons cependant pas observé de nouvelles espèces sur ces nouveaux sites.

L'analyse de la flore diatomique des résurgences de l'HER des Mornes du Sud a permis l'observation de 12 nouveaux taxons pour la Martinique, dont deux déjà inventoriés en Guadeloupe : *Nupella* sp2 et *Diploneis* sp5. Ces prélèvements réalisés en sortie de résurgence destinés à obtenir des référentiels pour cette HER ont également confirmé l'existence d'une forte minéralisation naturelle des eaux due au fond géochimique de cette HER et la présence, dans certaines d'entre elles, de *Nitzschia inconspicua* dans les peuplements.

Nous avons consigné ci-après un tableau synthétisant l'état d'avancement du programme, les restes à réaliser et les objectifs pour la fin de l'année 2013 et le rendu final fin janvier 2014.

**Tableau 7 : Synthèse de l'avancement du programme de recherche**

<b>Année de fonctionnement 1 (février 2013/janvier 2014)</b>		
	<b>Nature de l'action</b>	<b>Avancement et Restitutions de résultats</b>
<b>Volet 1 : Acquisition de données complémentaires au droit des résurgences de la zone Sud</b>		
<b>VOLET 1</b>	Réunion de démarrage pour le choix des 5 sites	Fait
	Campagne d'acquisition des données n°1 (carême 2013)	Fait
	Rapport intermédiaire de campagne n°1 (carême 2013)	Fait
	Campagne d'acquisition des données n°2 (hivernage 2013)	Fait
	Rapport intermédiaire de campagne n°2 (hivernage 2013)	Fait
	Réalisation des inventaires de carême 2013, analyse des données, photographies et des planches	Fait
	Analyse des données physico-chimique (carême 2013)	Fait
	Rapport Etape n°1	Fait
	Réalisation des inventaires d'hivernage 2013, analyse des données, photographies et des planches	Fait
	Analyse des données physico-chimique (hivernage 2013)	Fait
	Traitement, analyse, bancarisation et interprétation des données biologiques et physico-chimiques	Fait et remis à l'IRSTEA
	<b>Volet 2 : Mise en œuvre du suivi de surveillance et des contrôles opérationnels et d'enquête</b>	
	<b>Nature de l'action</b>	<b>Avancement et Rendus</b>
<b>VOLET 2</b>	Réunion de démarrage et choix des stations du réseau d'enquête	Fait
	Campagne d'acquisition des données (carême 2013) du 18 au 29 mars parallèlement aux prélèvements physico-chimiques	Fait
	Rapport intermédiaire de campagne n°1 (carême 2013)	Fait
	Réalisation des inventaires, analyse des données, photographies et des planches	Fait
	Traitement, analyse, bancarisation et interprétation des données biologiques et physico-chimiques	Fait, bancarisé et remis à l'IRSTEA
	Rapport Etape n°1	Fait
	Analyse des données physico-chimique du réseau d'enquête (carême 2013)	Fait
	Bancarisation des données physico-chimique du réseau de surveillance et de référence (carême 2013)	Fait, bancarisé et remis à l'IRSTEA
	Intégration de la campagne DCE de carême 2012 (inventaires diatomiques et physico-chimie)	Fait, bancarisé et remis à l'IRSTEA
	Traitement statistique pour la consolidation et la stabilisation de l'Indice Diatomique Antillais (I.D.A.)	En cours à l'IRSTEA de Bordeaux
	Amendement du guide iconographique (ajout de planches de synthèse permettant 1 meilleure identification des taxons)	En cours
	Amendement du guide iconographique (création de fiches taxons pour les espèces intégrées dans l'I.D.A. avec les données 2012 et 2013)	En attente des résultats du traitement statistique de l'IRSTEA
	Amendement du guide iconographique (réadaptation des profils écologiques et de la chorologie des espèces intégrées dans l'I.D.A. avec les données 2012 et 2013)	En attente des résultats du traitement statistique de l'IRSTEA
	Diffusion des données	En cours
	Rendu du rapport final et clôture comptable du programme	A réaliser

